



**TUGAS AKHIR - ME 141501**

**STUDI KEKUATAN MEKANISME PENAHAN LENGAN TURBIN  
PADA FLOATING PLATFORM PLTAL**

**ZAQA USAIL**

**NRP 04211546000013**

**Dosen Pembimbing :**

**Irfan Syarif Arief, ST., MT**

**Achmad Baidowi, ST., MT.**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2017**



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*





**TUGAS AKHIR - ME 141501**

**STUDY STRENGTH OF MECHANISM LOCKING TURBIN ON  
FLOATING PLATFORM MARINE CURRENT ENERGY**

**ZAQA USAIL**

**NRP 04211546000013**

**Supervisor :**

**Irfan Syarif Arief, ST., MT**

**Achmad Baidowi, ST., MT.**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING**

**Faculty of Ocean Technology**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2017**



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDY KEKUATAN MEKANISME PENAHAN LENGAN TURBIN PADA  
FLOATING PLATFORM PLTAL**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat**

**Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**pada**

**Bidang Studi Marine Manufacturing and Design**

**Jurusan Teknik Sistem Perkapalan**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :**

**Zaqa Usail**

**NRP 04211546000013**

**Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir**

**Irfan Syarif Arief, ST., MT.**

**NIP.196912251997021001**

**Achmad Baidowi ST.,MT**

**NIP.-**



**SURABAYA, JANUARI 2018**



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDY KEKUATAN MEKANISME PENAHAN LENGAN TURBIN PADA FLOATING PLATFORM PLTAL

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

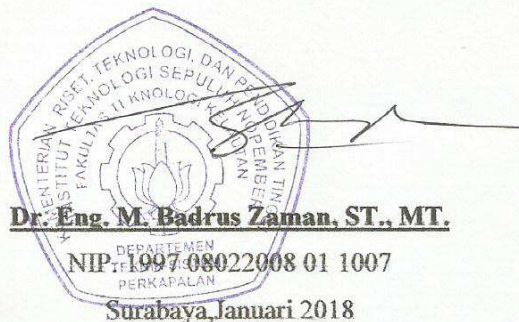
Oleh :

**ZAQA USAIL**

NRP 04211546000013

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# STUDI KEKUATAN MEKANISME PENAHAN LENGAN TURBIN PADA FLOATING PLATFORM PLTAL

**Nama Mahasiswa : Zaq Usail**  
**NRP : 04211546000013**  
**Jurusan : Teknik SistemPerkapalan**  
**DosenPembimbing : 1. Irfan SyarifArief, ST., MT.**  
**2. Achmad Baidowi ST.,MT**

## Abstrak

*Abstrak - Floating platform PLTAL (Pembangkit listrik tenaga arus laut) merupakan salah satu moda pembangkit listrik terbarukan karna memanfaatkan pasang surut air laut . energi yang dapat dihasilkan dari konversi gaya mekanik menjadi energi listrik. Dalam pengkonversian tersebut digunakan Turbi,Generator, Dan Gearbox sebagai mode konversi gaya mekanik menjadi energi listrik. Desain dan kekuatan penahan untuk penahan Turbin,Generator, dan Gearbox adalah factor yang sangat penting untuk mendapatkan efisiensi energi secara maksimal. Dalam merencanakan mekanisme penahan disini digunakan metode FEM (Finite Element Method). metode FEM salah satu metode numerik dengan cara membagi obyek ke dalam elemen-elemen kecil. Langkah pertaman melakukan pembagian elemen-elemen dari mekanisme penahan dimana terdiri dari 4 bagian yaitu chuck,frame poros utama,pengunci bagian atas, dan bushing. selanjutnya dilakukan pemodelan dari setiap element penahan dan berakhir dengan melakukan simulasi untuk mengetahui kekuatan setiap element.*

*Hasil penelitian menunjukan bahwa tegangan von mises ( $\sigma$ ) pada daerah chuck tegangan maksimum yang muncul sebesar  $1.570 \cdot 10^6$  pascal, pada pengunci pada bagian atas tegangan maksimum yang muncul sebesar  $7.145 \cdot 10^6$  pascal, frame poros utama dibagi menjadi 2 kondisi yaitu pada saat beroperasi dan pada saat stand by. pada saat beroperasi sebesar  $2.114 \cdot 10^6$  pascal, pada saat stand by sebesar  $1.757 \cdot 10^7$  pascal, ,Bushing dibagi menjadi 2 kondisi juga yaitu pada saat beroperasi dengan pada saat stand by. pada saat beroperasi sebesar  $1.229 \cdot 10^7$  pascal danpada saat stand by sebesar  $1.516 \cdot 10^7$  pascal, Mengacu pada ABS tingkat keamanan dari material semua komponen dapat kategorikan aman karna memiliki nilai  $\sigma \leq 3.22 \cdot 10^7$*

**Kata Kunci** – Mekanisme penahan, metode Finite Element Method, yield strength.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **STUDY STRENGTH OF MECHANISM LOCKING TURBIN ON FLOATING PLATFORM MARINE CURRENT ENERGY**

**Nama Mahasiswa : Zaqqa Usail**

**NRP : 04211546000013**

**Jurusan : Teknik SistemPerkapalan**

**DosenPembimbing : 1. Irfan SyarifArief, ST., MT.**

**2. Achmad Baidowi ST.,MT**

## **Abstract**

*Abstract - Floating platform Marine current power plant is one of the modes of renewable power generation because the tidal use of sea water. that energy can be generated from the conversion of mechanical forces into electrical energy. In the conversion is used Turbi, Generator, And Gearbox as a mode of mechanical force conversion into electrical energy. The design and retaining power for retaining the Turbine, Generator, and Gearbox are the most important factors to achieve maximum energy efficiency. In planning the retaining mechanism here is used FEM method (Finite Element Method). FEM method is one of the numerical methods by dividing objects into small elements. The first step is to divide the elements of the retaining mechanism which consists of 4 parts, namely chuck, main pivot frame, upper lock, and bushing. then do the modeling of each retaining element and end by doing a simulation to know the strength of each element.*

*The results of the research indicate what is meant in wikipedia bahasa indonesia. At the highest condition that occurred at  $1.570 \cdot 10^6$  pascal, on the lock at the top of the large  $7145 \cdot 10^6$  pascal beres, the main pivot frame is divided into 2 conditions at the time of operation and at the time of preparation. at the time of operation of  $2,114 \cdot 10^6$  pascal, when stand by for  $1.757 \cdot 10^7$  pascal, Bushing is divided into 2 conditions also at the time of operation with at stand by. at the time of operation of  $1,229 \cdot 10^7$  pascal and at stand-by  $1.516 \cdot 10^7$  pascal, Referring to ABS the safety level of the materials of all components can be categorized safe because it has a value of  $\sigma \leq 3.22 \cdot 10^7$*

**Keywords – locking mechanism,Finite Element Method, yield strength.**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur saya ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa saya ucapkan ke junjungan Nabi besar Muhammad Rasulullah SAW.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- Kepada Tuhan yang maha esa yang selalu memberikan kemudahan untuk saya.
- Bpk Zaenal Abidin, Ibu Kuratun Aini, Orang tua saya yang selalu mendukung dan berdoa untuk saya.
- Bpk. DR. Eng. M. Badrus Zaman, ST.,MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
- Bpk. Juniarko Prananda ST., MT. Selaku Dosen wali.
- Bpk. Irfan Syarif Arief, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I.
- Bpk. Achmad Baidowi, ST., MTselaku Dosen Pembimbing II.
- Teman seperjuangan Lintas jalur Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2015 semester ganjil.
- Serta seluruh orang yang mendukung terselesaikannya tugas akhir ini.

Semoga dengan selesainya Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan serta ilmu yang bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Akhir kata terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Januari 2018  
Penyusun.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>I</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VII</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>VIII</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>XIII</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>XVII</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat .....	3
<b>BAB 2 DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut .....	5
2.2 Turbin Arus Laut.....	6
2.3 Gaya angkat (lift) dan Gaya Hambat (drag) Pada Turbin .....	7
2.4 Struktur Pengunci.....	8
2.5 Tegangan .....	10
2.6 Konsep Pembebanan .....	12
2.7 Teori Gerak Kapal Akibat Eksitasi Gelombang.....	16
2.8 Response Amplitude Operators (RAO).....	17
2.9 Respon Struktur.....	18
<b>BAB 3 METODOLOGI.....</b>	<b>21</b>
3.1 Studi Literatur .....	21
3.2 Pengumpulan Data .....	21
3.3 Pemodelan Struktur .....	21
3.4 Analisa Tegangan Pada Mekanisme Penahan Lengan Turbin .....	22
3.5 Kesimpulan dan Saran.....	22
<b>BAB 4 PEMODELAN, ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>25</b>
4.1 Pengumpulan Data .....	25
4.1.1 Data Floating Platform Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut.....	25
4.1.2 Data Lingkungan .....	25
4.1.2.1 Data Kecepatan Angin .....	25
4.1.2.2 Tinggi Gelombang Signifikan.....	26
4.1.2.3 Data Kecepatan Arus.....	27

4.1.3.Data Berat Komponen .....	27
4.1.3.1 Turbin dan poros.....	27
4.1.3.1.1. Perhitungan Berat Turbin Beserta Poros .....	38
4.1.3.2. Berat Gearbox dan Generator .....	40
4.2 Pemodelan Floating Platform Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut.....	40
4.3 Analisa.....	40
4.3.1 Analisa Gerakan Kapal.....	40
4.3.2 Analisa RAO Pada Floating Platform PLTAL .....	42
4.4 Pembebanan Yang Dirterima Mekanisme Penahan Turbin.....	49
4.5.1.Penumpu Bawah.....	51
4.5.2. Pengunci Pada Bagian atas .....	56
4.5.3. Frame poros Utama .....	61
4.5.1 Pada Saat Beroperasi .....	76
4.5. Pemodelan dan Analisa Mekanisme Penahan .....	86
4.5.4. Bushing.....	92
4.5.4.1. Pada Saat Tidak Beroperasi.....	93
4.5.4.2. pada saat tidak beroperasi.....	96
<b>BAB 5 Kesimpulan dan Saran .....</b>	<b>99</b>
5.1 Kesimpulan.....	99
5.2. Saran .....	100
<b>DAFTARPUSTAKA .....</b>	
<b>LAMPIRAN.....</b>	
<b>BIODATA .....</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Turbin Pada Saat Beroperasi .....	2
Gambar 1.2 tahapan pada saat kondisi oprasi dan tidak beroperasi (standby).....	3
Gambar 2.1 Jenis Turbin Horizontal Axial .....	6
Gambar 2.2 Jenis jenis turbin <i>vertical axis</i> .....	7
Gambar 2.3 Gaya-Gaya Dari Fluida Di Sekeliling Pada Sebuah Benda Dua Dimensi .....	8
Gambar 2.4 Tumpuan Turbin Posisi Vertical .....	9
Gambar 2.5 Posisi Turbin Horizontal .....	9
Gambar 2.6 Mekanisme Penguncian Poros Dengan Menggunakan Spring .....	10
Gambar 2.7 Status Tegangan Yang Paling Umum Yang Bekerja Pada Sebuah Elemen .....	11
Gambar 2.8 Parameter Gelombang .....	13
Gambar 2.9 Tanda Untuk Displacement Gerakan Translasi dan Rotasi .....	17
Gambar 4.1 Windrose Di Lokasi Platform PLTA.....	26
Gambar 4.2 <i>Current Rose</i> Di Lokasi PLTA.....	27
Gambar 4.3 Model turbin vertical aksis tipe Darrieus cascade-foil .....	28
Gambar 4.4. poros Turbin dan Frame turbin.....	29
Gambar 4.5 Arm Turbin dan Poros Transmisi .....	31
Gambar 4.6 Aktif Foil Turbin .....	34
Gambar 4.7 Poros Aktif Foil .....	35
Gambar 4.8 Poros Turbin.....	36
Gmabar 4.9 Stopper Aktif Foil.....	37
Gambar 4.10 Grafik kecepatan arus terhadap drag force .....	40
Gambar 4.11 Lambung <i>Floating Platform</i> PLTAL .....	41
Gambar 4.12 <i>Floating Platform</i> PLTAL Isometric View .....	42
Gambar 4.13 <i>Floating Platform</i> PLTAL top view .....	42
Gambar 4.14 Grafik RAO Gerakan Surge Pada Struktur PLTAL .....	43
Gambar 4.15 Grafik RAO Gerakan Sway Pada Struktur PLTAL.....	44
Gambar 4.16 Grafik RAO Gerakan Heave Pada Struktur PLTAL .....	44
Gambar 4.17 Grafik Gerakan Roll Pada Struktur PLTAL.....	45
Gambar 4.18 Grafik RAO Gerakan Pitch Pada Struktur PLTAL .....	46
Gambar 4.19 Grafik RAO Gerakan Yaw Pada Struktur PLTAL .....	46
Gambar 4.20 simulasi arah datangnya gelombang.....	47
Gambar 4.21 Pembebanan Mekanisme Penahan Pada Saat Beroperasi .....	50
Gambar 4.22 Pembebanan Mekanisme Penahan Pada Saat Tidak Beroperasi .....	50
Gambar 4.23 Stuktur Pengunci Utama (vertical) .....	51
Gambar 4.24 Tegangan yang terjadi pada frame pengunci vertika (chuck).....	51
Gambar 4.25 Displasment yang terjadi pada frame pengunci vertika (chuck).....	52
Gambar 4.26 regangan yang terjadi pada frame pengunci vertika (chuck).....	52
Gambar 4.27 factor of safety distribution frame pengunci vertika (chuck) .....	53

Gambar 4.28 Tegangan yang terjadi pada pengunci vertika (chuck) .....	54
Gambar 4.29 Displasment yang terjadi pada pengunci vertika (chuck) .....	54
Gambar 4.30 regangan yang terjadi pada pengunci vertika (chuck) .....	55
Gambar 4.31 factor of safety distribution frame pengunci vertika (chuck).....	55
Gambar 4.33 Pengunci bagian atas Ketika tidak beroperasi .....	56
Gambar 4.34 Tegangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas .....	57
Gambar 4.35 Displasment yang terjadi pada Pengunci bagian atas .....	57
Gambar 4.36 regangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas.....	58
Gambar 4.37 factor of safety distribution frame pengunci vertika (chuck).....	58
Gambar 4.38 Tegangan yang terjadi pada pengunci bagian atas.....	59
Gambar 4.39 Displasment yang terjadi pada pengunci bagian atas .....	59
Gambar 4.40 regangan yang terjadi pada pengunci bagian atas.....	60
Gambar 4.41 factor of safety distribution frame pengunci bagian atas .....	60
Gambar 4.42 Frame Poros Utama .....	61
Gambar 4.43 Tegangan yang terjadi pada Frame Poros Utama .....	77
Gambar 4.44 Displasment yang terjadi pada Frame Poros Utama.....	77
Gambar 4.45 regangan yang terjadi pada Frame Poros Utama .....	78
Gambar 4.46 factor of safety distribution pada frame poros utama .....	78
Gambar 4.47 Tegangan yang terjadi pada Frame Poros Utama .....	79
Gambar 4.48 Displasment yang terjadi pada Frame Poros Utama.....	80
Gambar 4.49 regangan yang terjadi pada Frame Poros Utama .....	80
Gambar 4.50 factor of safety distribution pada frame poros utama .....	81
Gambar 4.52 Tegangan yang terjadi pada Frame Poros Utama .....	82
Gambar 4.53 Displasment yang terjadi pada Frame Poros Utama.....	82
Gambar 4.54 regangan yang terjadi pada Frame Poros Utama .....	83
Gambar 4.55 factor of safety distribution pada frame poros utama .....	83
Gambar 4.56 Tegangan yang terjadi pada Frame Poros Utama .....	84
Gambar 4.57 Displasment yang terjadi pada Frame Poros Utama.....	85
Gambar 4.58 regangan yang terjadi pada Frame Poros Utama .....	85
Gambar 4.59 factor of safety distribution pada frame poros utama .....	86
Gambar 4.60 Tegangan yang terjadi pada Frame Poros Utama .....	87
Gambar 4.61 Displasment yang terjadi pada Frame Poros Utama.....	87
Gambar 4.62 regangan yang terjadi pada Frame Poros Utama .....	88
Gambar 4.63 factor of safety distribution pada frame poros utama .....	88
Gambar 4.64 Gambar 4.55 Penyangga frame poros utama saat stand by .....	90
Gambar 4.65 Tegangan yang terjadi pada Penyangga frame poros utama.....	90
Gambar 4.66 Displasment yang terjadi pada Penyangga frame poros utama .....	91
Gambar 4.67 regangan yang terjadi pada Penyangga frame poros utama.....	91
Gambar 4.68 factor of safety distribution pada Penyangga frame poros utama .....	92
Gambar 4.69 Bushing .....	93
Gambar 4.70 Tegangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas .....	94
Gambar 4.71 Displasment yang terjadi pada Pengunci bagian atas .....	94

Gambar 4.72 regangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas .....	95
Gambar 4.74 Tegangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas .....	96
Gambar 4.75 Displasment yang terjadi pada Pengunci bagian atas.....	96
Gambar 4.76 regangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas .....	97
Gambar 4.78 factor of safety distribution pada bushing .....	97

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Floating Platform .....	25
Tabel 4.2 Tinggi Gelombang Signifikan Tiap Arah Mata Angin Dominan.....	26
Tabel 4.3 spesifikasi Turbin .....	28
Tabel 4.4 Dimensi Untuk tipe A .....	29
Tabel 4.5 Dimensi Untuk tipe B.....	30
Tabel 4.6 Dimensi Untuk tipe C.....	31
Tabel 4.7 Ukuran Dimensi Untuk tipe A .....	32
Tabel 4.8 Ukuran Dimensi Untuk tipe B.....	32
Tabel 4.9 Ukuran Dimensi Untuk tipe C.....	33
Tabel 4.10 Ukuran Dimensi Untuk tipe D .....	33
Tabel 4.11 Ukuran Dimensi Aktif Foil Turbin.....	34
Tabel 4.12 Ukuran Dimensi Untuk tipe A .....	35
Tabel 4.13 Ukuran Dimensi Untuk tipeB.....	35
Tabel 4.14 Ukuran Dimensi Poros Turbin .....	36
Tabel 4.15 Perhitungan Gaya Drag Force.....	39
Tabel 4.16 Roll dengan collinier .....	48
Tabel 4.17 pitch dengan collinier .....	48
Tabel 4.18 yaw dengan collinier .....	48
Tabel 4.19 Surge dengan collinier.....	48
Tabel 4.20 Sway dengan collinier .....	49
Tabel 4.21 Heave dengan collinier.....	49



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembagian energi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu energi terbarukan dan energi tidak terbarukan. Energi terbarukan adalah energi yang memanfaatkan sumber daya yang dapat diperbaharui seperti tenaga angin, tenaga surya, pasang surut dan bahan bakar nabati. Energi yang tidak terbarukan adalah energi yang memiliki persediaan yang dibatasi waktu seperti energi yang berasal dari fosil seperti minyak bumi. [1]

Keterbatasan akan adanya sumber energi saat ini telah memicu para peneliti untuk meneliti dan mengembangkan sumber energi terbarukan. Beberapa contoh sumber energi yang terbarukan seperti, pemanfaatan energi surya, energi angin, energi laut dll. Energi laut merupakan salah satu energi bersih, terbarukan dan melimpah. [2]

Energi laut adalah suatu energi yang dapat dihasilkan dari konversi gaya mekanik, gaya potensial serta perbedaan temperature air laut menjadi energi listrik. Energi samudra murni, dapat digolongkan menjadi empat jenis yaitu energi gelombang (*wave power*), energi pasang surut (*tidal power*), energi arus laut (*current power*), dan energi panas laut (*ocean thermal energy conversion, OTEC*). [3]

Di Indonesia, salah satu potensi energi arus laut yang cukup besar berada di wilayah perairan selat toyapakeh dengan kecepatan arus laut sekitar 2,4 m/s. Energi arus laut dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL). PLTAL pada dasarnya menggunakan turbin sebagai alat untuk mengubah energi kinetik menjadi energi listrik yang disalurkan menuju *electrical generator*. [2]

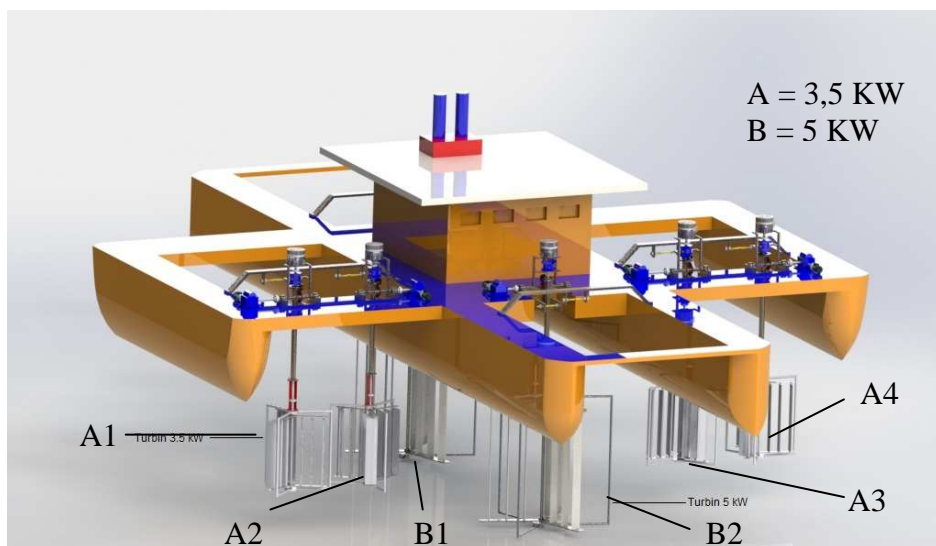
Pada kerja sama antara ESDM P3GL dan LPPM-ITS disepakati turbin yang digunakan sebagai rancangan desain PLTAL ialah Turbin Darrieus Passive-Pitch dengan Total Kapasitas 24 kW. Pemenuhan kapasitas ini dilakukan melalui 6 unit turbin yang terdiri dari : 2 unit x 5 kW dan 4 unit x 3,5 kW. [4] (lihat gambar 1.1)

Desain turbin PLTAL yang telah dipilih memiliki mekanisme penahan untuk mempertahankan posisi turbin dari beban gelombang dan arus pada saat beroperasi ataupun tidak beroperasi (*standby*) untuk itu perlu dilakukan analisa kekuatan material/konsentrasi akibat dari beban pada saat operasional atau tidak beroperasi (*standby*). [2] (lihat gambar 1.2) [5]

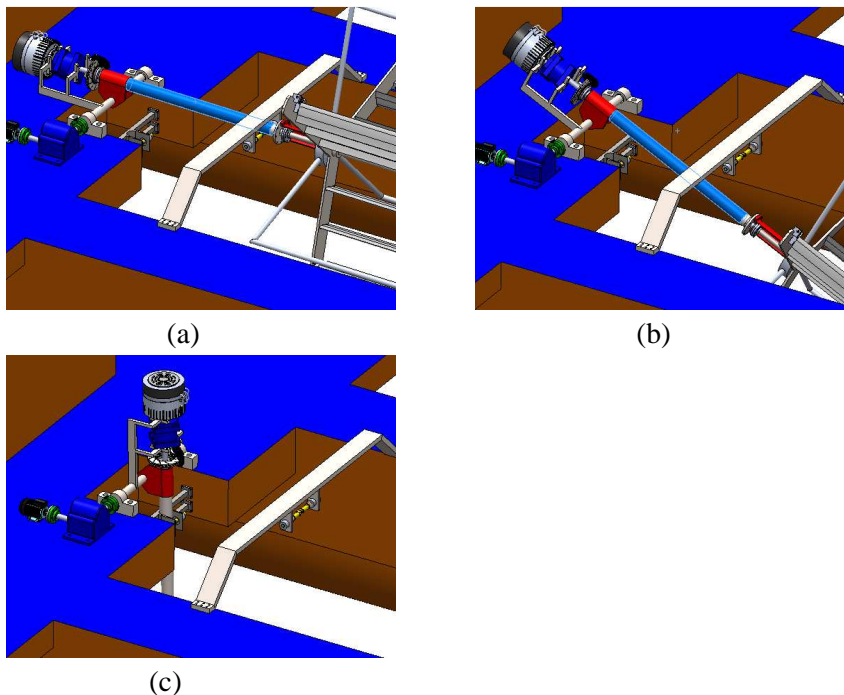
Oleh karna itu, Pada tugas akhir ini akan dilakukan studi kekuatan mekanisme penahan lengan turbin terhadap arus laut pada kondisi oprasi maupun pada saat nonoprasi agar bisa mengetahui bahwa mekanisme penahan (stopper ) dapat menahan turbin pada kondisi yang diinginkan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas perumusan masalah pada tugas akhir ini akan membahas tentang Mekanisme kekuatan penahan lengan turbin. Pada saat oprasional Turbin arus vertical akan mengalami pembebanan akibat adanya beban komponen yang ditompangnya seperti turbin, generator dan gearbos. selain itu adanya beban yang diakibatkan arus air laut yang mengalir, gelombang dan angin juga mempengaruhi. oleh karna itu Perlu mengetahui pembebanan yang di terima mekanisme turbin serta dibutuhkan analisa kekuatan pada konstruksi guna mengetahui tegangan yang di izinkan pada penahan turbin dan untuk mendapatkan desain yang terbaik dan kontruksi yang kuat.



Gambar 1.1 Turbin Pada saat beroperasi[2]



Gamabar 1.2 tahapan pada saat kondisi oprasi dan tidak beroperasi (standby)[4]

### 1.3 Tujuan Skripsi

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pembebanan yang di terima mekanisme turbin.
2. Untuk mengetahui nilai tegangan yang diizinkan pada kontruksi penahan turbin

### 1.4 Batasan Masalah

Variasi :

1. Tidak membahas pemilihan turbin.
2. Tidak membahas fatigue (kelelahan) konstruksi turbin.

### 1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah:

Dapat mengetahui besar Kekuatan *maximum* dan tegangan yang di izinkan dari mekanisme penahan (stopper) yang ada pada floating platform PLTAL, penelitian ini juga didapat respon gerak dari lengan turbin terhadap mekanisme penahan (stopper)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut**

Pesatnya perkembangan teknologi arus laut saat ini sebagai energi terbarukan di dunia, seiring dengan meningkatnya tuntutan akan kebutuhan energi listrik masyarakat kawasan pesisir serta semakin maraknya isu pemanasan global yang mendorong untuk membatasi penggunaan bahan bakar hidrokarbon.[2]

Adapun prinsip yang dikembangkan pada aplikasi teknologi pemanfaatan energi dari laut adalah melalui konversi tenaga kinetik masa air laut menjadi tenaga listrik. Ada beberapa negara tercatat telah berhasil melakukan instalasi pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan energi arus dan pasang surut, mulai dari prototype turbin pembangkit hingga mencapai turbin skala komersial dengan kapasitas 1,2 MW/turbin, seperti yang telah dibangun di Skotlandia, Swedia, Perancis, Norwegia, Inggris, Irlandia Utara, Australia, Italia, Korea Selatan dan Amerika Serikat.[2]

Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) memanfaatkan energi arus laut sebagai sumber energi, arus laut yang merupakan energi kinetik dimanfaatkan untuk menggerakkan sudu turbin. Pengembangan teknologi konversi energi arus laut pada dasarnya mengadopsi prinsip kerja dari konversi energi angin yang telah berkembang.[2]

Aliran massa air laut dari suatu tempat ke tempat lain didefinisikan sebagai arus laut. Potensi sumber yang ada pada arus laut tidak semuanya bisa dikonversikan menjadi energi listrik, terdapat banyak jenis arus laut ditinjau dari letak, penyebab, dan suhu.[2]

Gerakan horizontal massa air laut merupakan arus laut, sehingga arus laut memiliki energi kinetik yang dapat digunakan sebagai penggerak bagi sebuah rotor pembangkit listrik. Secara global, laut mempunyai sumber energi arus laut yang sangat besar yaitu sebesar  $2,8 \times 10^{14}$  (280 triliun) Watt-jam (Duxbury dkk., 2000). Selain itu arus laut ini menarik untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik karena sifatnya yang relative stabil dan dapat diprediksi.[5]

Jika ditinjau dari letaknya, arus laut dibedakan menjadi 3, yaitu :

1. Arus Permukaan

Arus laut jenis ini terletak di permukaan laut, dengan kedalaman  $< 20$  m..

2. Arus Sedang

Arus sedang berada pada kedalaman air laut 20- 40m.

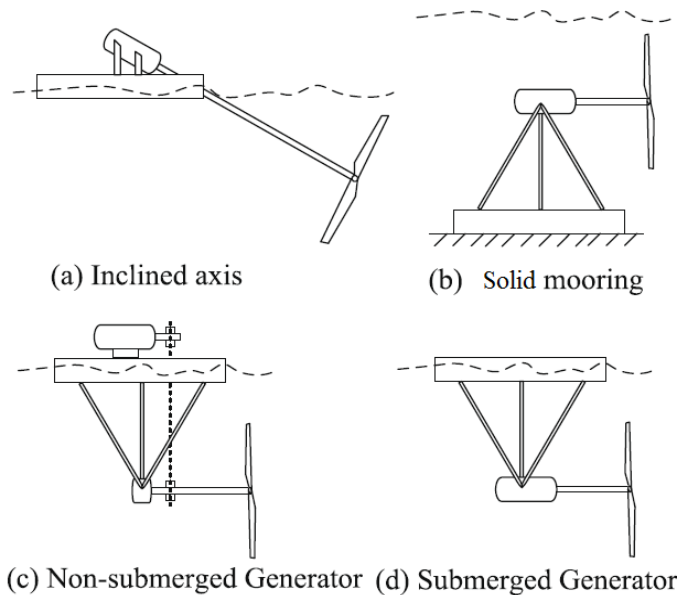
### 3. Arus Dalam

Sementara arus ini terletak di kedalaman  $>40$  m..[2]

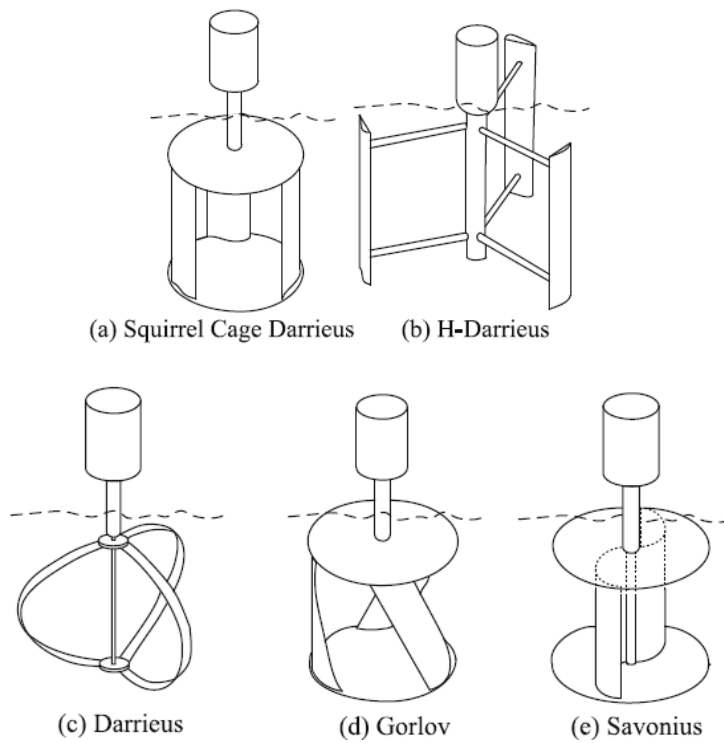
## 2.2 Turbin Arus Laut

Turbin arus laut adalah teknologi yang dapat digunakan untuk mengekstrak potensi dari arus laut. Turbin horizontal aksis dan turbin vertikal aksis adalah dua jenis turbin arus laut yang digunakan untuk konversi energi arus laut. Turbin horizontal aksis memiliki sumbu rotasi yang sejajar dengan aliran fluida. Turbin vertikal aksis memiliki sumbu rotasi yang tegak lurus terhadap arah aliran fluida. Berikut merupakan jenis-jenis turbin *vertical axis*. Gambar 2.2 dan 2.3 merupakan contoh turbin horizontal dan vertikal aksis.[6]

Turbin arus laut merupakan bagian dari *hydrokinetic turbine*, dimana *hydrokinetic turbine* dibagi menjadi 3 bagian berdasarkan arah rotasi turbin terhadap arah aliran fluida yang melewati turbin. Turbin *Horizontal Axis* (atau sering disebut *axial flow*) memiliki sumbu rotasi yang sejajar dengan aliran fluida. Berikut merupakan jenis-jenis turbin *horizontal axis*. [6]



Gambar 2.1 Jenis-jenis turbin horizontal axial [6]

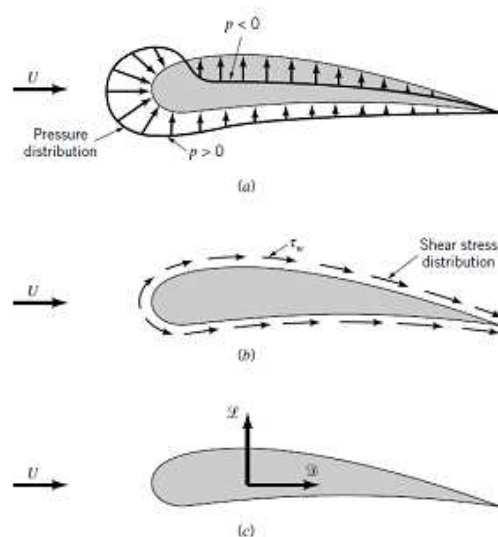


Gambar 2.2 Jenis jenis turbin *vertical axis*[6]

### 2.3 Gaya Angkat (lift) dan Gaya Hambat (drag) pada Turbin

Ketika sebuah benda bergerak melewati fluida akan menyebabkan interaksi antara benda dengan fluida. Interaksi terjadi dalam bentuk gaya-gaya pada daerah antar muka fluida dan benda. Hal ini dapat digambarkan dalam tegangan geser dinding ( $\tau_w$ ) akibat efek viskos dan tegangan normal akibat tekanan ( $p$ ).[4] Distribusi tegangan geser dan tekanan yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 2.4

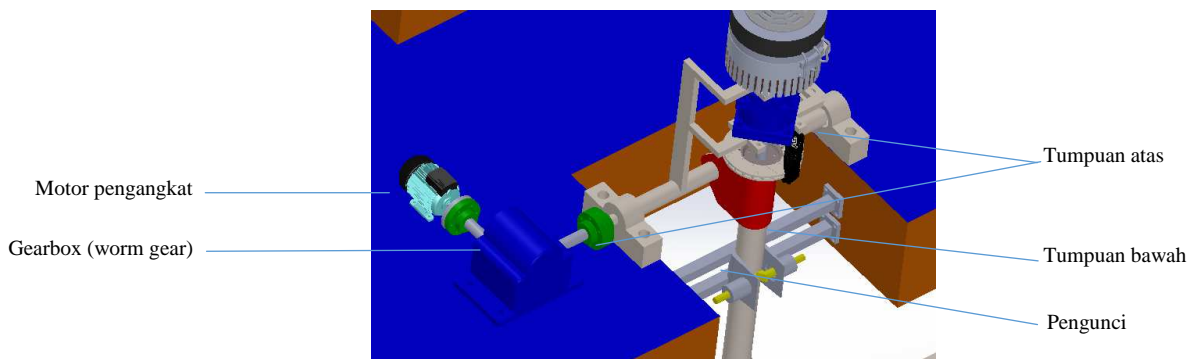




Gambar 2.3 *Gaya-gaya dari fluida di sekeliling pada sebuah benda dua dimensi*[4]

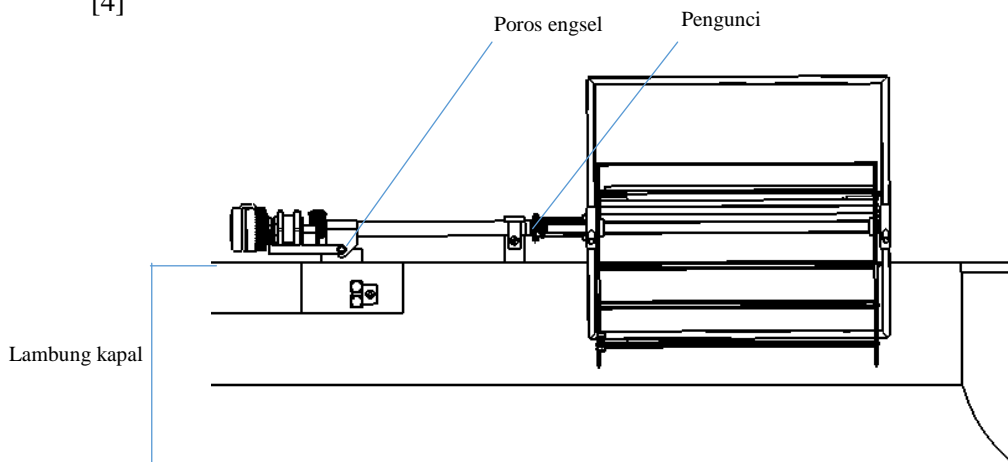
## 2.4 Struktur Pengunci

Terdapat dua buah tumpuan yang menyangga frame utama Saat turbin beroperasi (kondisi vertikal). Hal ini bertujuan untuk meminimalisir getaran serta defleksi yang terjadi akibat adanya gaya dorong arus laut pada turbin yang nilainya fluktuatif. Tumpuan pertama, berupa poros engsel yang berada pada bagian atas platform. Poros engsel tersebut ditumpu dua buah housing yang dibaut pada platform (gambar 2.5). Sedangkan tumpuan kedua berada pada platform bagian bawah. Pada tumpuan kedua terdapat mekanisme penguncian otomatis secara mekanik, menggunakan komponen berupa per serta solenoid. Pada saat akan dilakukan pengangkatan, solenoid akan membuka kunci pada frame poros dan selanjutnya motor pengangkat akan beroperasi memutar gearbox (worm gear) yang berada pada sisi poros engsel sehingga secara perlahan frame turbin akan naik dengan kecepatan sudut yang telah ditentukan.[4]



Gambar 2.4 Tumpuan turbin posisi vertikal[4]

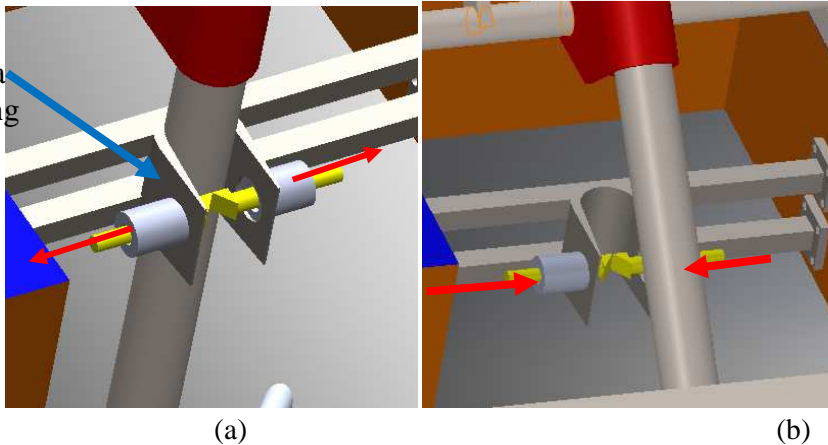
Kondisi kedua, saat turbin tidak beroperasi (kondisi horizontal). Dari posisi vertikal, motor pengangkat akan berputar sehingga posisi turbin terangkat seperti terlihat pada gambar 2.4. Pada bagian atas platform juga terdapat pengunci dengan mekanisme yang sama sehingga terdapat 2 buah tumpuan frame poros pada kondisi horizontal. Sehingga defleksi pada ujung poros dapat diminimalisir [4]



Gambar 2.5 Posisi turbin horizontal[4]

Di dalam poros pengunci, baik vertical maupun horizontal, terdapat spring untuk mengunci frame poros utama secara otomatis. Pada gambar 2.34.a terdapat spring di dalam pengunci. Saat frame poros menabrak pengunci, maka pengunci akan terdorong keluar sehingga frame poros bisa masuk (gambar 2.34.b). Ketika frame sudah masuk, maka secara otomatis spring akan menekan poros pengunci kembali ke posisi awal. Pada posisi ini frame poros terkunci. [4]

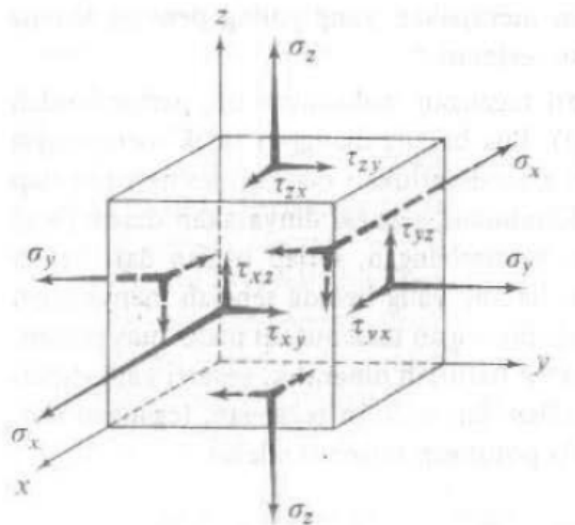
Di dalamnya  
terdapat spring



Gambar 2.6 mekanisme penguncian poros dengan menggunakan spring[4]

## 2.5 Tegangan

Tegangan yang secara numerik dinyatakan dalam satuan  $\text{N/m}^2$  luar biasa kecilnya bila dibandingkan dengan yang biasanya kita nyatakan dalam sistem satuan Inggris. Lni disebabkan oleh karena gaya dalam satuan newton adalah kecil terhadap sa tu pon gaya sedang satu meter bujur sangkar adalah luas yang amat besar dibandingkan dengan satu inci kuadrat. Oleh karena itu lebih dapat diterima bila menuliskan tegangan dalam satuan  $\text{N/mm}^2$ , yaitu notasi yang mula-mula tidak direkomendasikan. Tetapi, karena ini setara betul dengan megapascal (MPa) maka notasi yang terakhir memperoleh pengakuan yang luas.[1]



Gambar.2.7 Status tegangan yang paling umum yang bekerja pada sebuah elemen[1]

Tanda huruf yang pertama dari  $\tau$  menunjukkan tegangan geser pada bidang yang tegak. lurus pada sumbu tertentu, sedang tanda huruf yang kedua menentukan arah tegangan geser. [1]

Kubus kecil takberhingga seperti yang terlihat dalam Gambar 2.6, dapat digunakan sebagai dasar untuk perumusan eksak dari persoalan mekanika bahan. Metoda untuk mempelajari sebuah kubus seperti itu (yang menyangkut penulisan suatu persamaan dalam keseimbangannya dan memastikan bahwa kubus tersebut setelah mengalami deformasi akibat gaya-gaya yang bekerja terhadapnya, akan sama secara geometris dengan kubus-kubus kecil takberhingga yang ada di sampingnya) berada di luar jangkauan bahasan buku ini. Ini merupakan bidang teori elastisitas (elasticity) matematis. Prosedur-prosedur yang digunakan dalam buku ini tidak dibawa kepada keadaan umum yang dinyatakan oleh Gambar 2.6. Metoda-metoda yang dipergunakan di sini akan sederhana sekali. [1]

Tegangan menunjukan kekuatan gaya yang menyebabkan perubahan bentuk benda. Maka tegangan dapat didefinisikan sebagai gaya/beban total ( $F$ ) pada suatu penampang dibagi dengan luas penampang yang dikenainya. Tegangan biasanya dinyatakan dengan  $\sigma$ .

Berikut merupakan formula dari Tegangan [8]

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana,  $\sigma = \text{Tegangan} \left( \frac{N}{A^2} \right)$

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

Regangan dalam batang yang berada dalam keadaan Tarik didefinisikan sebagai perpanjangan dari batang dibagi dengan panjang batang semula. Regangan dinyatakan dengan  $\epsilon$ . Sehingga didapat.[8]

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana,  $\epsilon = \text{Regangan}$

$\Delta l = \text{Pertambahan panjang (m)}$

$l = \text{panjang semula (m)}$

## 2.6 Konsep Pembebanan

Dalam perancangan struktur lepas pantai (*offshore structure*) penentuan kemampuan kerja struktur dipengaruhi oleh beban yang bekerja pada struktur tersebut. Perancangan harus menentukan akurasi beban yang akan dipakai dalam erancangan *offshore structure* adalah sebagai berikut[9]:

### 1. Beban Mati

Beban mati adalah beban dari semua komponen kering serta peralatan, perlengkapan dan permesian yang tidak berubah dari mode operasi pada suatu struktur, meliputi : berat struktur, berat peralatan[9].

### 2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi pada struktur selama dipakai/berfungsi dan tidak mudah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain. Contoh beban yang termasuk dalam beban hidup ini adalah beban yang diakibatkan oleh pengoperasian mesin atau peralatan yang lainnya pada suatu struktur yang berhubungan dengan operasi struktur tersebut[9].

### 3. Beban Lingkungan

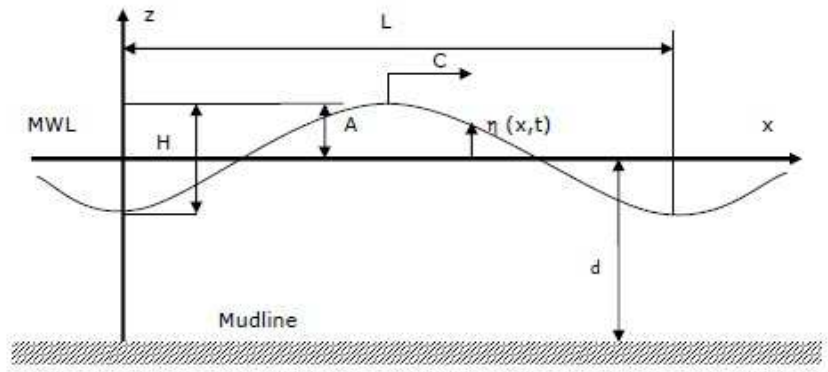
Beban lingkungan adalah beban yang terjadi karena dipengaruhi oleh lingkungan dimana suatu struktur lepas pantai dioperasikan atau bekerja. Beban lingkungan yang digunakan dalam perancangan adalah beban angin, arus dan gelombang[9].

- Beban Gelombang

Gelombang terjadi akibat gangguan pada fluida. Gangguan tersebut dapat berupa gangguan pada permukaan air seperti hembusan

angin, atau dapat juga berupa gangguan pada dasar laut seperti pergerakan tanah atau gempa bumi. [10]

Bentuk ideal gelombang beramplitudo kecil di perairan dalam adalah sinusoidal. Karakteristik gelombang dua dimensi yang merambat dalam arah  $x$  dapat dilihat pada Gambar 2.9 dibawah ini.[10]



Gambar 2.11 parameter gelombang

Dimana:

$A$  = amplitudo gelombang

$C$  = kecepatan gelombang

$d$  = kedalaman permukaan air rata-rata dari dasar tanah

$H$  = tinggi gelombang dari lembah ke puncak

$L$  = panjang gelombang

$x$  = perpindahan arah horizontal dari puncak gelombang

$\eta(x,t)$  = elevasi muka air pada titik  $x$  saat  $t$

MWL = Mean Water Level

Parameter-parameter terpenting dalam menggambarkan gelombang adalah : 1. Panjang gelombang  $L$ , yaitu jarak horizontal antara dua puncak gelombang atau dua lembah gelombang yang saling berurutan. 2. Tinggi gelombang  $H$ , yaitu jarak vertikal antara puncak gelombang dan lembah gelombang. 3. Periode gelombang  $T$ , yaitu

waktu yang ditempuh untuk mencapai satu lintasan gelombang. 4. Kedalaman perairan h dimana gelombang tersebut dirambatkan.

Adapun parameter lain, seperti kecepatan serta percepatan partikel air, kecepatan dan panjang gelombang dapat diturunkan dari teori gelombang.

Dalam membangun suatu teori gelombang diperlukan suatu persamaan pengatur yang dapat mewakili kondisi fisik gelombang yang sebenarnya. Persamaan pengatur dalam teori gelombang adalah persamaan Laplace. Persamaan pengatur bersifat umum, untuk mendapatkan persamaan (solusi) yang bersifat khusus (unique solution) diperlukan syarat-syarat batas, yaitu syarat batas kinematis, dinamis dan syarat batas periodik. Perbedaan cara dan pengambilan asumsi yang berbeda dalam penyelesaian persamaan gelombang akan menghasilkan teori gelombang yang berbeda pula. Namun tiap teori gelombang memiliki keunggulan dan keterbatasan sendiri-sendiri.[10]

Untuk gaya gelombang time series dapat dibangkitkan dari spektrum gelombang. Gaya gelombang first order :[11]

$$F_{wv}^{(1)}(t) = \sum_{i=1}^N F_{wv}^{(1)}(\omega_i) \cos [\omega_i t + \varepsilon_i] a_i$$

dimana :

$F_{wv}^{(1)}(t)$  = gaya gelombang *first order* tergantung waktu

$F_{wv}^{(1)}(\omega)$  = gaya *exciting* gelombang *first order* per unit amplitudo gelombang tergantung waktu

$\varepsilon_i$  = sudut fase komponen gelombang *first order*

$a_i$  = amplitudo komponen gelombang *first order*  $\sqrt{2S(\omega) d \omega}$

$S(\omega)$  = fungsi kepadatan spektra gelombang

Gaya gelombang *second order* :

$$F_{wv}^{(2)}(t) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_i a_j D_{ij} \cos [(\omega_i - \omega_j)t + (\varepsilon_i - \varepsilon_j)]$$

dimana :

$D_{ij}$  = *drift force* per unit amplitudo gelombang

- **Beban Angin**

Beban lingkungan lain yang bersifat dinamis. Adalah beban angin, tetapi beberapa struktur akan meresponnya pada model statis yang paling mendekati. Dalam perencanaan sebuah *offshore structure* pada umumnya perhitungan beban angin disyaratkan untuk

didasarkan pada besarnya kecepatan ekstrim dengan waktu pengulangan 50 atau 100 tahun. Semakin lama waktu yang digunakan untuk pengulangan, maka resiko kegagalan semakin besar. Gaya pada permukaan datar diasumsikan sebagai gaya normal pada permukaan dan gaya pada tanki silinder vertical, pipa, dan silinder lain diasumsikan searah dengan arah angin, sedangkan yang tidak vertical dapat dihitung dengan menggunakan formula yang diambil dari perhitungan arah angin berhubungan dengan objek. Hal tersebut berlaku untuk semua sudut dari pendekatan beban angin pada struktur[9]. Sedangkan formula untuk gaya angin time series dapat dibangkitkan dari spektrum gelombang menurut API RP 2 T adalah memakai rumus sebagai berikut :

$$F_{WD}(t) = \frac{1}{2} \rho_a C_s A x_a |V_c - \dot{x}|(V_c - \dot{x})$$

dimana:

$F_{WD}$  = gaya angin (N)

$C_s$  = koefisien bentuk

$\rho_a$  = massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$x$  = kecepatan dari platform (m/s)

$x_a$  = aerodynamic admittance

$A$  = luas area vertikal yang terkena angin ( $\text{m}^2$ )

$V_c$  = kecepatan partikel air (m/s)

Sedangkan kecepatan angin dirumuskan sebagai berikut :

$$V_W = V_{10} \left( \frac{y}{10} \right)^x$$

dimana :

$V_w$  = kecepatan angin, knots (m/s)

$V_{10}$  = kecepatan angin pada ketinggian 10 m, knots (m/s)

$y$  = ketinggian dimana kecepatan angin dihitung, (m)

$x$  = faktor eksponen

Bila informasi yang akurat tidak tersedia, maka harga eksponensial  $x$  sebesar 71 dapat diambil sebagai pendekatan. Harga ini cukup sesuai untuk ketinggian sampai dengan sekitar 200 m. Untuk semua sudut dari pendekatan beban angin pada struktur, gaya pada permukaan datar



diasumsikan sebagai gaya normal pada permukaan dan gaya pada tanki silinder vertikal, pipa, dan silinder lain diasumsikan searah dengan arah angin, sedangkan yang tidak vertikal dapat dihitung menggunakan formula yang diambil dari perhitungan arah angin berhubungan dengan gerak objek.

- **Beban Arus**

Selain gelombang, arus laut juga memberikan gaya terhadap struktur bangunan lepas pantai. Arus akibat pasang surut memiliki kecepatan yang semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman sesuai fungsi non-linier. Sedangkan arus yang disebabkan oleh angin memiliki karakter yang sama, tetapi dalam fungsi linier. Kecepatan arus tersebut dirumuskan dalam formulasi matematis berikut :

Arus pada kondisi operasi adalah arus air maksimum yang berhubungan dengan angin dan gelombang pada lokasi dimana struktur ditambat. Kecepatan arus didasar laut maupun dipermukaan laut disertakan dalam proses perhitungan [9].

$$U_T = U_{OT} (y/h)^{1/7}$$

$$U_W = U_{OW} (y/h)$$

Dimana :

$F_{cx}$  : Gaya arus pada bow

$F_{cy}$  : Gaya arus pada beam

$C_{cx}$  : Koefisien gaya arus pada bow

$$= 0.016 \text{ lb/ft}^2 (2.89 \text{ Nsec}^2/\text{m}^4)$$

$C_{cy}$  : Koefisien gaya arus pada bow

$$= 0.4 \text{ lb/ft}^2 (72.37 \text{ Nsec}^2/\text{m}^4)$$

$S$  : Luas penampang pada lambung kapal yang terendam ( $\text{m}^2$ )

$V_c$  : Kecepatan arus desain ( $\text{m/sec}$ )

## 2.7 Teori Gerak Kapal Akibat Eksitasi Gelombang

Pada dasarnya benda yang mengapung mempunyai 6 mode gerakan bebas yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu 3 mode gerakan translasional dan 3 mode gerakan rotasional. Berikut adalah keenam mode gerakan tersebut : [11]

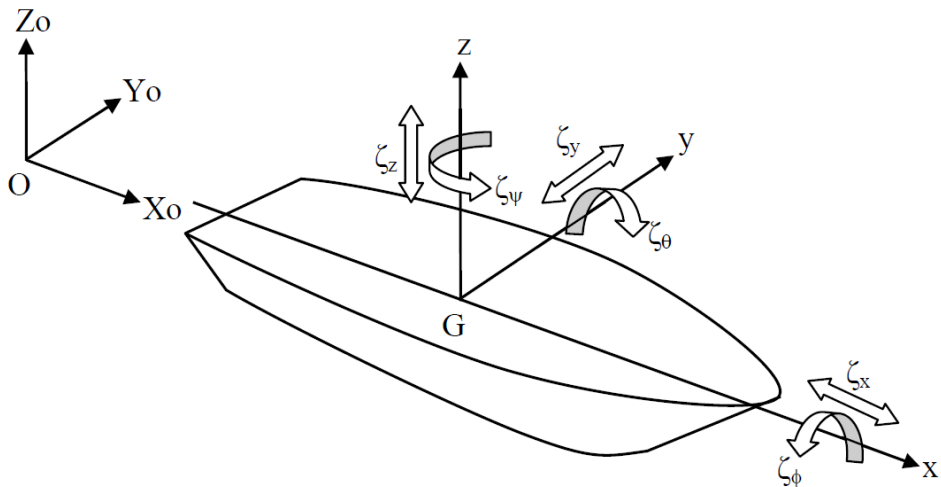
### 1. Mode gerak translasional

- *Surge*, gerakan transversal arah sumbu x
- *Sway*, gerakan transversal arah sumbu y
- *Heave*, gerakan transversal arah sumbu z

### 2. Mode gerak rotasional

- *Roll*, gerakan rotasional arah sumbu x
- *Pitch*, gerakan rotasional arah sumbu y
- *Yaw*, gerakan rotasional arah sumbu z

Definisi gerakan kapal dalam enam derajat kebebasan dapat dijelaskan dengan gambar 2.2. Dengan memakai konversi sumbu tangan kanan tiga gerakan translasi pada arah sumbu x,y dan z, adalah masing-masing *surge* ( $\zeta_1$ ), *sway* ( $\zeta_2$ ) dan *heave* ( $\zeta_3$ ), sedangkan untuk gerakan rotasi terhadap Zketiga sumbu adalah *roll* ( $\zeta_4$ ), *pitch* ( $\zeta_5$ ) dan *yaw* ( $\zeta_6$ ). [11]



Gambar 2.8 Tanda Untuk Displacement Gerakan Translasi dan Rotasi

## 2.8. Response Amplitude Operators (RAO)

Respon pada struktur *offshore* (baik struktur *fixed* maupun terapung) akibat gelombang reguler dalam tiap-tiap frekuensi, dapat diketahui dengan menggunakan metode *spectra*. Nilai amplitudo pada suatu respon secara umum

hampir sama dengan amplitudo gelombang. Bentuk normal suatu respon dari sistem linier tidak berbeda dengan bentuk amplitudo gelombang dalam fungsi frekuensi. [11]

*Response Amplitude Operator* (RAO) atau sering disebut sebagai *Transfer Function* adalah fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur *offshore*. RAO disebut sebagai *Transfer Function* karena RAO merupakan alat untuk mentransfer beban luar (gelombang) dalam bentuk respon pada suatu struktur. Bentuk umum dari persamaan RAO dalam fungsi frekuensi (Chakrabarty, 1987) adalah sebagai berikut :[11]

$$Response(\omega) = (RAO) \eta(\omega)$$

dimana,  $\eta$  = amplitudo gelombang, m, ft

## 2.9. Respon Struktur

*Response Amplitude Operator* (RAO) atau disebut juga dengan *Transfer Function* merupakan fungsi respon gerakan dinamis struktur yang disebabkan akibat gelombang dengan rentang frekuensi tertentu. RAO merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur. Menurut Chakrabarti (1987), persamaan RAO dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:[11]

$$RAO(\omega) = \frac{X_p(\omega)}{\eta(\omega)}$$

Dimana :

$X_p(\omega)$  = amplitudo struktur

$\eta(\omega)$  = amplitudo gelombang

Sedangkan amplitudo struktur (respon struktur) dapat dirumuskan :

$$x_p = \left( \frac{x_o}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta_c r)^2}} \right) \cos(\omega t - \alpha)$$

Dimana :

$$x_o = \frac{F_o}{k}$$

$$r = \frac{\omega}{\omega_n}$$

$$\tan \alpha = \frac{2\zeta r}{1 - r^2}$$

Spektrum respons didefinisikan sebagai respons kerapatan energi pada struktur akibat gelombang. Spektrum respons merupakan perkalian antara spektrum gelombang dengan RAO kuadrat, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut: [11]

$$S_R = [RAO(\omega)]^2 S(\omega)$$

Dimana :

$S_R$  = spektrum respons ( $m^2 \cdot sec^{-2}$ )

$S(\omega)$  = spektrum gelombang ( $m^2 \cdot sec^{-2}$ )

$RAO(\omega)$  = transfer function

$\omega$  = frekuensi gelombang (rad/sec)

## 2.9. Drag force

Dalam dinamika fluida, *drag force* didefinisikan sebagai hambatan udara atau hambatan fluida, dimana gaya ini menghambat laju dari udara atau fluida akibat bergesekan dengan sebuah permukaan benda padat. Selain *drag force*, dalam lingkup interaksi antara air laut dengan permukaan benda padat, terdapat bentuk gaya lain yaitu *impact force*, yaitu gaya yang ditimbulkan oleh hantaman arus laut terhadap bidang datar tegak lurus terhadap arah gerak arus laut.

Bruschi dkk. (2006) dan Zakeri dkk. (2008) menjelaskan metode pendekatan dalam menghitung *drag force* ( $F_d$ ) oleh fluida pada permukaan pipa. Dengan menggunakan pendekatan dinamika fluida, maka *drag force* ( $F_d$ ) oleh fluida pada permukaan pipa dapat dirumuskan sebagai berikut.[12]










$$F_d = \frac{1}{2} \cdot \rho_f \cdot C_d \cdot A \cdot u^2$$

di mana :

$F_d$  : the drag force, yaitu gaya yang bekerja searah aliran fluida

$\rho$  : massa jenis fluida  
 $v$  : kecepatan fluida  
 $A$  : luas area dari benda

nilai drag coefficient untuk beberapa benda yaitu :

Shape		Drag Coefficient
Sphere	→ 	0.47
Half-sphere	→ 	0.42
Cone	→ 	0.50
Cube	→ 	1.05
Angled Cube	→ 	0.80
Long Cylinder	→ 	0.82
Short Cylinder	→ 	1.15
Streamlined Body	→ 	0.04
Streamlined Half-body	→ 	0.09

Measured Drag Coefficients

## **BAB 3**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan rangkuman dari dasar-dasar teori yang telah ada, acuan serta berbagai informasi yang dapat mendukung untuk pengerjaan tugas akhir ini. Adapun bahasan yang akan dibahas seperti Turbin, Arus, Gelombang, Kekuatan Beban Maksimum, dan Tegangan. Pembahasan tersebut guna untuk menunjang landasan dasar dari skripsi. Mulai dari pembahasan umum sampai dengan pembahasan khusus. Adapun studi literature untuk tugas akhir ini diambil dari buku, Jurnal, Laporan Tugas Akhir yang memiliki keterkaitan topik.

#### **3.2 Pengumpulan Data**

Selanjutnya pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data seperti data kapal, data berat komponen turbin, gearbox, generator dan data-data lingkungan yang ada di nusa penida meliputi gelombang, arus dan angin yang nanti akan digunak sebagai perhitungan beban.

#### **3.3 Pemoderan Struktur**

Pada Pemodelan awal menggunakan software maxsurf sesuai dengan data konfigurasi PLTAL. Kemudian struktur PLTAL dimodelkan kembali dengan menggunakan software MOSES V8i Berdasarkan koordinat yang diperoleh dari pemodelan pada maxsurf, berikut merupakan tahap pemodelan struktur PLTAL.

1. Pada tahap awal dilakukan pemodelan dengan menggunakan software maxsurf sesuai dengan data struktur PLTAL.
2. Selanjutnya dilakukan pemodelan dengan menggunakan software MOSES V8i berdasarkan koordinat pada pemodelan maxsurf, kemudian model di running dengan menggunakan software MOSES V8i untuk mendapatkan RAO motion pada gaya yang bekerja pada Mekanisme penahan lengan turbin.
3. Berikutnya dilakukan pemodelan dengan menggunakan software ORCA 9.2a Berdasarkan koordinat pada pemodelan MOSES V8i. kemudian dilakukan running dengan menggunakan ORCA 9.2a untuk mendapatkan Beban Tambahan akibat Motion.

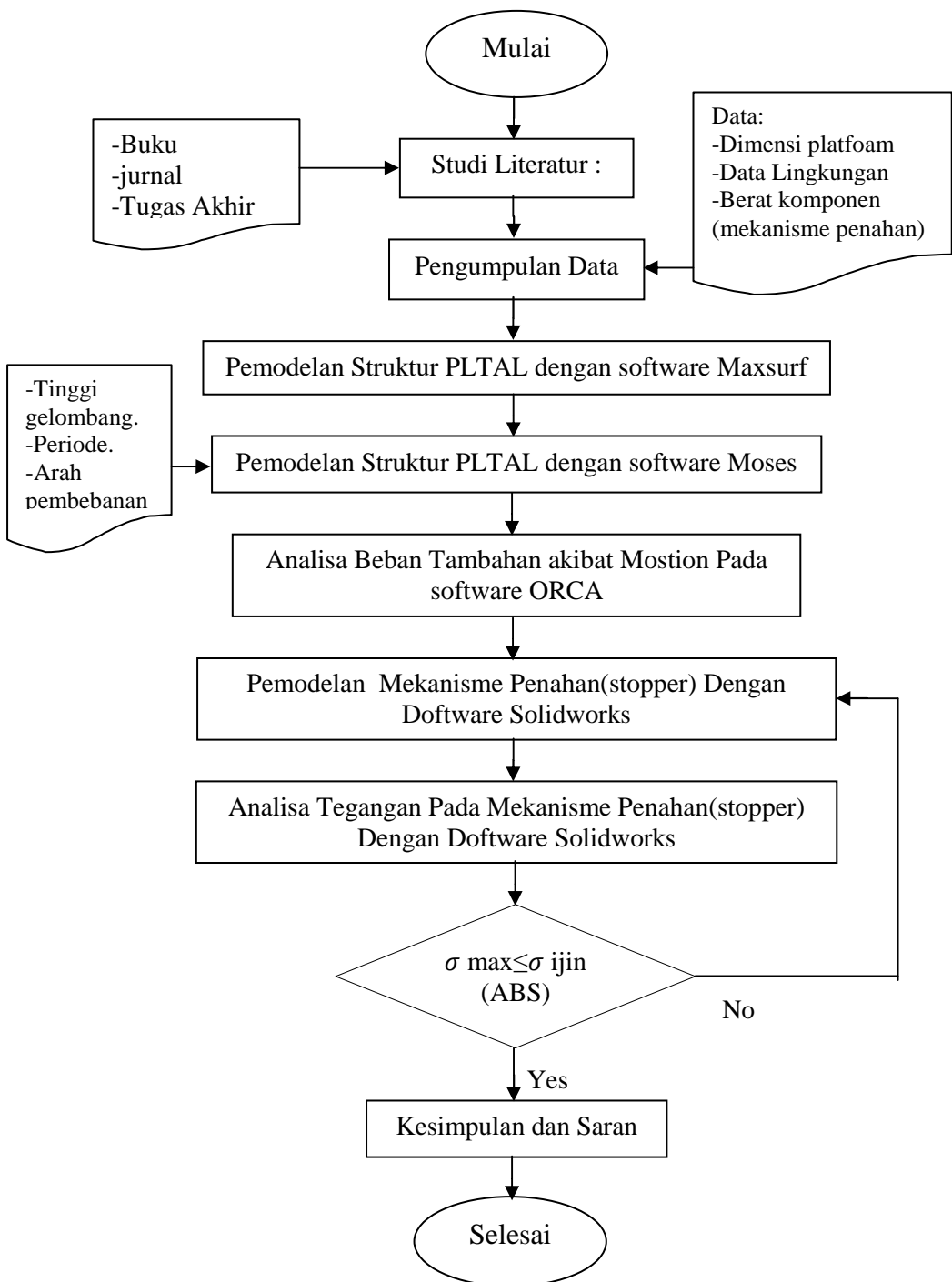
4. Pemodelan local struktur mekanisme penahan (stopper) dengan software solidworks untuk mendapatkan stress pada mekanisme penahan (stopper) lengan turbin.

### **3.4 Analisa Tegangan pada mekanisme penahan (stopper) Lengan Turbin**

Setelah mendapatkan desain mekanisme penahan dari lengan turbin sesuai rancangan. Dari rancangan tersebut akan dilakukan analisa tegangan yang terjadi pada struktur mekanisme penahan, pada tahapan analisa ini dilakukan dengan menggunakan *software solidwork* dimana akan didapatkan untuk kekuatan dan nilai dari tegangannya. Dari nilai yang didapat akan disesuaikan dengan nilai tegangan yang diijinkan. Jika tegangan tidak memenuhi standard yang diizinkan maka akan dilakukan pemodelan ulang, dan jika tegangan sesuai atau memenuhi standard akan dilakukan untuk tahapan selanjutnya.

### **3.5 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan merupakan tahap akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai permasalahan yang diambil dan tujuan yang telah ditetapkan, serta memberikan saran-saran atau rekomendasi yang dapat menunjang untuk dilakukan penelitian di waktu yang akan datang.



Gambar 3.1 Flowchart Alur Penelitian



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 4**

### **PEMODELAN, ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **2.1. Pengumpulan Data**

##### **2.1.1. Data Floating Platform Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut**

Kapal Yang dilakukan pemodelan merupakan jenis kuadramaran ,sebelum melakukan penggambaran dengan menggunakan maxsurf ada para meter yang penting untuk di input yaitu principal dimension sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Floating Platform

Ukuran Utama	Main Hull	Stanger
Panjang Antar Garis Tegak (Lpp)	20 m	8 m
Lebar (B)	1.25 m	0.85 m
Tinggi (H)	1.75 m	1 m
Sarat (T)	1.25 m	0.53 m
Koefisien Block (CB)	0.125	0.051
Vol.Displacement	20.345 m <sup>3</sup>	1.604 m <sup>3</sup>

Jika principal dimension telah didapatkan maka langkah selanjutnya dapat dilakukan penggambaran untuk model kapalnya.

##### **2.1.2. Data Lingkungan**

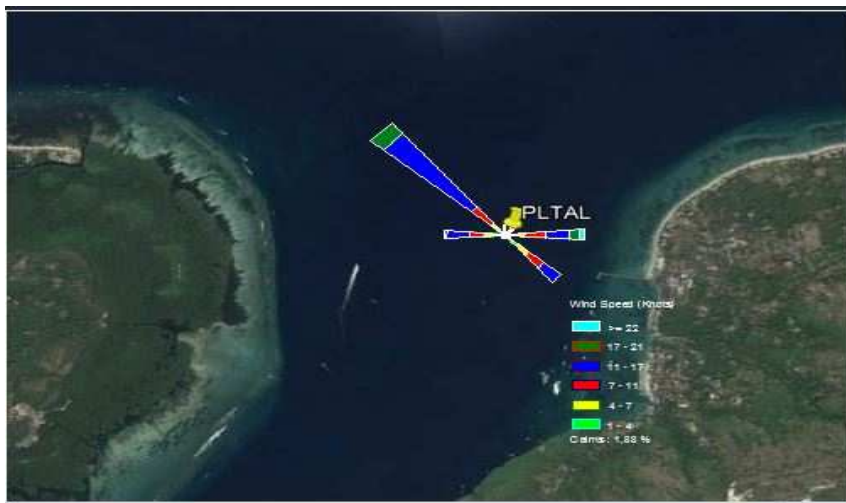
Data lingkungan adalah data yang digunakan adalah kondisi lingkungan dilaut bali nusa penida.berikut adalah data-data yang terdapat pada nusa penida.

###### **2.1.2.1. Data Kecepatan Angin**

Data kecepatan angin didapatkan dari BMKG berupa nilai kecepatan angin dalam knot serta arahnya yang dihitung tiap jam selama 12 tahun, yaitu 2004-2015.Posisi koordinat pengambilan data terletak di perairan Nusa Penida di selat Toyapakeh, yaitu 8°63'79.70"LS dan 115°49'91.47" BT untuk sebelah utara Pulau Nusa Penida, serta 8°72'84.30"LS dan 115°42'83.54" BT untuk sebelah selatan Pulau Nusa Penida.

Berdasarkan olahan data angin tersebut, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- a) Arah angin paling dominan adalah arah barat laut dengan frekuensi kejadian 40%
- b) Kecepatan angin dengan rentang 17-21 knot memiliki frekuensi kejadian 4%, 11-17 knot memiliki frekuensi kejadian 6%, dan 4-7 knot memiliki frekuensi kejadian 5%



Gambar 4.1. Windrose di lokasi platform PLTA

#### 2.1.2.2. Tinggi gelombang signifikan

Untuk mencari tinggi gelombang signifikan, digunakan metode pembangkitan gelombang akibat angin (*wind induced wave growth*). Pada dasarnya, metode ini mengonversi kecepatan angin menjadi tinggi gelombang. Selain kecepatan angin, metode ini juga memerhatikan panjang *fetch* efektif pada titik lokasi. Setelah dilakukan perhitungan *wave growth*, maka didapat hasil sebagai berikut :

Tabel4.2. Tinggi gelombang signifikan tiap arah angin dominan

Arah Mata Angin	Tinggi Gelombang Signifikan(m)	Periode Gelombang Signifikan (s)
Berat	0-9	3-77
Barat Laut	1-58	4-85
Timur	2-4	5-93

### 2.1.2.3. Data kecepatan arus

Data kecepatan arus didapat berdasarkan pengukuran pada dua titik lokasi yang berbeda dan dilaksanakan dari tanggal 12 Agustus 2015 sampai 8 September 2015. Dua Lokasi pengambilan arus pada titik 1 berada di  $08^{\circ} 40' 29.6''$  LS dan  $115^{\circ} 30' 53.6''$  BT pada kedalaman  $\pm 25,5$  meter yaitu posisi MWL (*Mean Water Level*). Sedangkan untuk titik 2 berada pada  $08^{\circ} 40' 25.2''$  LS dan  $115^{\circ} 29' 16.2''$  BT pada Kedalaman  $\pm 33,5$  meter yaitu posisi MWL (*Mean Water Level*). Berdasarkan pengukuran kecepatan data arus, didapatkan hasil sebagai berikut :

- Kecepatan arus maksimal adalah 2.4 m/s pada kedalaman 5.5 meter di titik lokasi
- Kecepatan arus rata-rata memiliki rentang 0.2-0.7 m/s



Gambar 4.2. *Current rose* di lokasi PLTA

### 2.1.3. Data Berat komponen mekanik

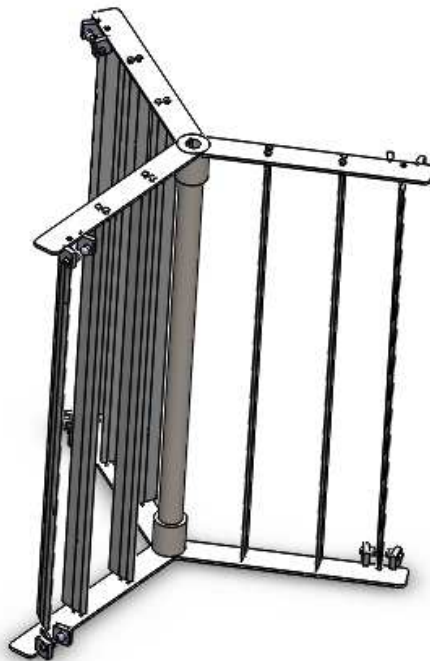
#### 2.1.3.1. Turbin dan poros

Dalam pengerjaan tugas akhir ini data turbin yang digunakan jenis turbin vertical aksis tipe H-Darrieus dimana turbin ini memiliki kelebihan ya itu sumbu rotasinya yang tegak lurus terhadap arah aliran fluida, dari manapun arah fluida akan tetap dapat menjalankan turbin sesuai dengan fungsinya. Turbin ini memiliki berat sebesar 7354.987 N dan Berikut adalah data spesifikasi teknis dari turbin:

Tabel 4.3 Spesifikasi Turbin

No	Komponen	Spesifikasi
1	Turbin kapasitas 5kW	<p>a) T y p e : D a r r i e u s s t r a i g h t f o</p> <p>b) Foil :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type : NACA 0018</li> <li>- Chord : 40 m</li> <li>- N-foil : 9</li> <li>- Mechanism : combined passive-fix pitch</li> <li>- Aspect Ratio : 8</li> <li>- Material : CRP (Carbon Reinforced Plastic)</li> </ul> <p>c) Arm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter : 2800mm</li> <li>- Material : AISI 4340</li> </ul> <p>d) Shaft :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter : 60 mm</li> <li>- Material : AISI 4340</li> </ul>

Dari spesifikasi diatas berikut adalah model dari turbin seperti dibawah ini:

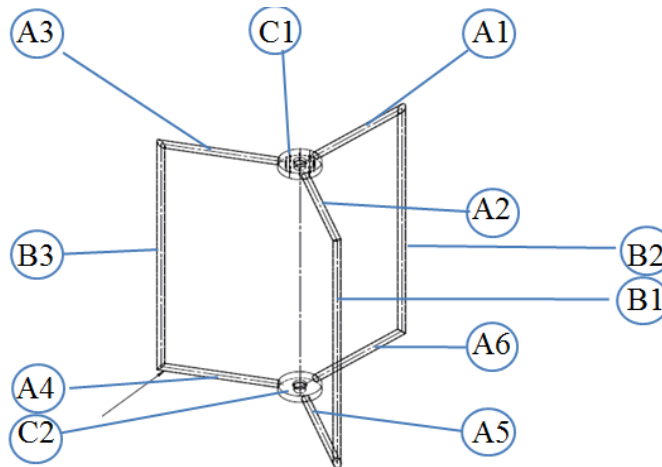


Gambar 4.3 Model turbin vertical aksis tipe Darrieus cascade-foil

Gambar 4.15 merupakan gambar turbin dimana dalam simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini, jenis beban yang digunakan adalah beban static. Dimana, nilai beban diambil dari *drag force* maksimum.

#### 2.1.3.1.1. Perhitungan Berat Turbin Beserta Poros

##### a. Poros Turbin Dan Frame Turbin



Gambar 4.4 Poros Turbin Dan Frame Turbin

Pada gambar diatas terdapat 3 tipe bangun dan dimana isetiap bagian tipe memiliki ukuran yang sama dapat dilihat sebagai berikut: “Tipe A” Bagian A1,A2,A3,A4,A5,A6 “Tipe B” Bagian B1,B2,B3 dan “tipe C” Bagian C1,C2

##### - Perhitungan berat untuk tipe A

Pada tipe A berbentuk silinder dan dimana terdiri dari 6 bagian yang dimana bagian-bagian yang memiliki ukuran dimensi yang sama dimana ukuran dimensi itu sebagai berikut:

Tabel 4.4 berat untuk tipe A

Ukuran Dimensi Bagian A				
r luar	30	mm	0.03	m
r dalam	24	mm	0.024	m
Panjang	1301	mm	1.301	m
$\pi =$			3.14	22/7
density Material AISI 4340			7850	kg/m <sup>3</sup>

$$A1 = ((\pi \times r^2) - (\pi \times r^2)) \times L \times \text{density}$$

$$A1 = (3.14 \times (0.03^2) - (3.14 \times (0.024^2))) \times 1.301 \times 7850$$

$$A1 = 10,39015 \text{ kg}$$

Untuk mencari berat  $A_{total}$  maka harus diketahui masing-masing berat dari bagian tersebut, dan dimana kita mengetahui berat dari A1 sudah mewakili perhitungan yang lain dikarenakan ukuran yang sama dimana  $A1=A2=A3=A4=A5=A6$  maka  $A_{total}$  dapat di hitung sebagai berikut:

$$A_{total} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6$$

$$A_{total} = 62,34087 \text{ kg}$$

- perhitungan berat pada bagian B

Pada tipe B ini berbentuk silinder juga terdiri dari 3 bagian yang dimana bagian-bagian tersebut yang memiliki ukuran dimensi yang sama dimana ukuran dimensi itu sebagai berikut:

Tabel 4.5 berat untuk bagian B

Ukuran Dimensi Bagian B				
R luar	30	mm	0.03	m
r dalam	24	mm	0.024	m
panjang	2948	mm	2.948	m
$\pi =$			3.14	22/7
density Material AISI 4340			7850	kg/m <sup>3</sup>

$$B1 = ((\pi \times R^2) - (\pi \times r^2)) \times L \times \text{density}$$

$$B1 = (3.14 \times (0.03^2) - (3.14 \times (0.024^2))) \times 2.948 \times 7850$$

$$B1 = 23,54354 \text{ kg}$$

Untuk mencari berat  $B_{total}$  maka harus diketahui berat masing-masing bagian, dikarenakan ukuran yang sama dilakukan perhitungan pada B1 dan dimana cukup untuk mewakili yang lain karena berat dari  $B1=B2=B3$  maka  $B_{total}$  dapat di hitung sebagai berikut:

$$B_{total} = B1 + B2 + B3$$

$$B_{total} = 70,63062 \text{ kg}$$

- perhitungan berat pada bagian C

Pada tipe C ini berbentuk silinder juga terdiri dari 3 bagian yang dimana bagian-bagian tersebut yang memiliki ukuran dimensi yang sama dimana ukuran dimensi itu sebagai berikut:

Tabel 4.6 berat untuk bagian C

Ukuran Dimensi Bagian C				
R luar	200	mm	0.2	m
r dalam	55	mm	0.055	m
tebal	100	mm	0.1	m
$\pi =$			3.14	22/7
density Material AISI 4340			7850	kg/m <sup>3</sup>

$$C1 = ((\pi \times R^2) - (\pi \times r^2)) \times L \times \text{density}$$

$$C1 = (3.14 \times 0.2^2 - 3.14 \times 0.055^2) \times 0.1 \times 7850$$

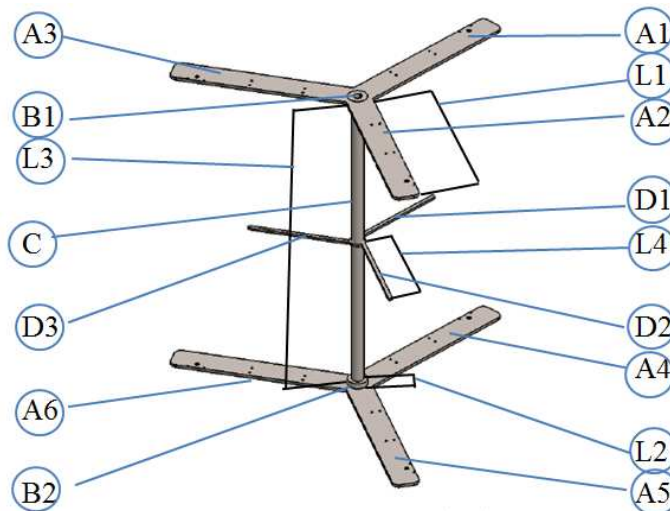
$$C1 = 91,13968 \text{ kg}$$

Untuk mencari berat  $C_{\text{total}}$  maka harus diketahui berat masing-masing bagian, dan dimana kita mengetahui berat dari  $C1 = C2$  maka  $C_{\text{total}}$  dapat di hitung sebagai berikut:

$$C_{\text{total}} = B1 + B2$$

$$C_{\text{total}} = 182,2794 \text{ kg}$$

b. Arm Turbine Dan Poros Transmisi



Gambar 4.5 Arm Turbine Dan Poros Transmisi

- Perhitungan berat pada bagian A



Berikut adalah ukuran dimensi dari Arm Turbine Dan Poros Transmisi pada bagian A. pada bagian ini diasumsikan dengan persegi panjang. Berikut adalah ukurannya.

Table 4.7 Ukuran Dimensi Bagian A

Ukuran Dimensi Bagian A				
Lebar	200	mm	0.2	m
Panjang	1290	mm	1.29	m
tebal	25	mm	0.025	m

$$A1 = (P \times t) \times L1 \times \text{density}$$

$$A1 = (0.2 \times 1.29) \times 0.025 \times 7850$$

$$A1 = 50,6325 \text{ kg}$$

$$A1=A2=A3=A4=A5=A6$$

$$A \text{ total} = A1+A2+A3+A4+A5+A6$$

$$A \text{ total} = 303,795 \text{ kg}$$

- Perhitungan berat pada bagian B

Berikut adalah ukuran dimensi dari Arm Turbine Dan Poros Transmisi pada bagian B. disini berbentuk silinder berikut adalah ukurannya.

Table 4.8 Ukuran Dimensi Bagian B

Ukuran Dimensi Bagian B				
R luar	75	mm	0.075	m
r dalam	45	mm	0.045	m
Panjang	140	mm	0.14	m
$\pi =$			3.14	22/7
density Material AISI 4340			7850	kg/m <sup>3</sup>

$$B1 = ((\pi \times R^2) - (\pi \times r^2)) \times L \times \text{density}$$

$$B1 = (3.14 \times (0.075^2) - (3.14 \times (0.045^2)) \times 0.14 \times 7850$$

$$B1 = 12,4231 \text{ kg}$$

$$B1=B2=B3$$

$$B \text{ total} = B1+B2+B3$$

$$B \text{ total} = 37,26929 \text{ kg}$$

- Perhitungan berat pada bagian C  
Berikut adalah ukuran dimensi dari Arm Turbine Dan Poros Transmisi pada bagian C. disini berbentuk silinder berikut adalah ukuran utamanya.

Table 4.9 Ukuran Dimensi Bagian C

Ukuran Dimensi Bagian C				
r luar	45	mm	0.045	m
r dalam	30	mm	0.03	m
Panjang	1650	mm	1.65	m
$\pi =$			3.14	22/7
density Material AISI 4340			7850	kg/m <sup>3</sup>

$$C1 = ((\pi \times R^2) - (\pi \times R^2)) \times L \times \text{density}$$

$$C1 = (3.14 \times 0.045^2) - (3.14 \times 0.03^2) \times 1.65 \times 7850$$

$$C1 = 45,755 \text{ kg}$$

$$C1 = C2$$

$$C \text{ total} = B1 + B2$$

$$C \text{ total} = 91,509 \text{ kg}$$

- perhitungan berat pada bagian D  
Berikut adalah ukuran dimensi dari Arm Turbine Dan Poros Transmisi pada bagian D. disini berbentuk persegi beritut adalah ukuran utamanya.

Table 4.10 Ukuran Dimensi Bagian D

Ukuran Dimensi Bagian D				
Lebar	20	mm	0.02	m
Panjang	773	mm	0.773	m
tebal	20	mm	0.02	m

$$D1 = (P \times t) \times L \times \text{density}$$

$$D1 = (0.02 \times 0.73) \times 0.02 \times 7850$$

$$D1 = 2,4272 \text{ kg}$$

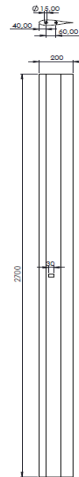
$$D1 = D2 = D3$$

$$D1 = D1 + D2 + D3$$

$$D1 = 7,2817 \text{ kg}$$

c. Aktif Foil Turbin

Pada Aktif Foil Turbin ini merupakan blade dari turbin dan dimana blade ini pada perhitungan diasumsikan persedi panjang .



Gambar 4.6 Aktif Foil Turbin

- perhitungan berat Aktif Foil Turbin  
berikut adalah ukuran dimensi dari Aktif Foil Turbin  
table 4.11 Ukuran Dimensi Aktif Foil Turbin

panjang (P)	2700	mm	2.7	m
Tinggi (t)	200	mm	0.2	m
Tebal (L)	35	mm	0.035	m

$$\begin{aligned} \text{AFT} &= (P \times t) \times L \times \text{density} \\ \text{AFT} &= (2.7 \times 0.02) \times 0.035 \times 2700 \\ \text{AFT} &= 51,03 \text{ kg} \end{aligned}$$

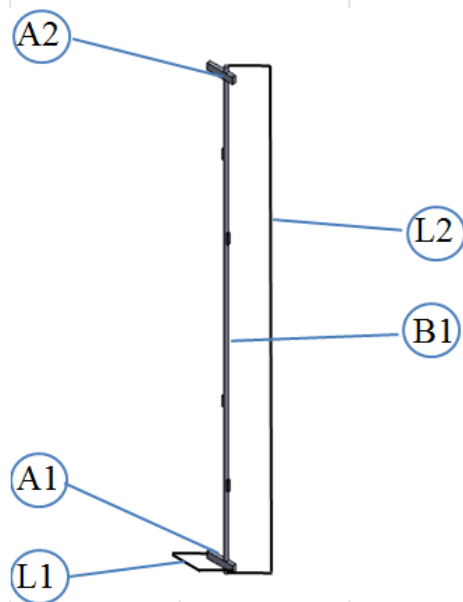
Tergapat 9 buah Aktif Foil Turbin

Jadi berat Aktif Foil Turbin keseluruhan adalah :

$$\begin{aligned} \text{AFT}_{\text{total}} &= 9 \times 51,03 \\ \text{AFT}_{\text{total}} &= 492,27 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Poros Aktif Foil

Pada poros aktif foil ini disini dalam melakukan perhitungan dibagi menjadi 2 bagian yang dimana bagian A yang berbentuk persegi panjang dan bagaian B yang berbentuk silinder .



Gambar 4.7 Poros Aktif Foil

- perhitungan berat pada bagian A  
berikut adalah ukuran dimensi dari Poros Aktif Foil bagian A

Tabel 4.12 Ukuran Dimensi pada bagian A

tinggi	40	mm	0.04	m
tebal	20	mm	0.02	m
panjang	160	mm	0.16	m

$$A1 = (P \times t) \times L \times \text{density}$$

$$A1 = (0.04 \times 0.02) \times 0.016 \times 7850$$

$$A1 = 1,0048 \text{ kg}$$

$$A1 = A2$$

$$A_{\text{total}} = A1 + A2$$

$$A_{\text{total}} = 2,0096 \text{ kg}$$

- perhitungan berat pada bagian B  
berikut adalah ukuran dimensi dari Poros Aktif Foil bagian B

Tabel 4.13 Ukuran Dimensi pada bagian B

r	10	mm	0.01	m
panjang	2770	mm	2.77	m
$\pi =$			3.14	22/7

density Material AISI 4340
----------------------------

7850
------

kg/m <sup>3</sup>
-------------------

$$B1 = (\pi \times R^2) \times L \times \text{density}$$

$$B1 = (3.14 \times 0.01^2) \times 2.77 \times 7850$$

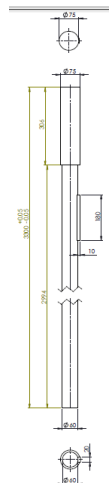
$$B1 = 6,827773 \text{ kg}$$

e. Poros Turbin

Pada bagian poros turbin ini memiliki dua tipe diameter yang berbeda ,namun pada perhitungan akan diasumsikan menggunakan diameter terbesar dengan panjang keseluruhan. Berikut adalah dimensi ukuran dari Poros Turbin .

Tabel 4.14 Ukuran Dimensi Poros Turbin

B				
r	30	mm	0.03	m
Panjang	3300	mm	3.3	m



Gambar 4.8 Poros Turbin

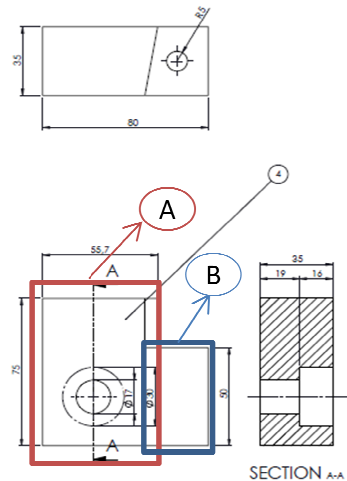
$$PT = (\pi \times R^2) \times L \times \text{density}$$

$$PT = (3.14 \times 0.03^2) \times 3.3 \times 7850$$

$$PT = 73,20753 \text{ kg}$$

f. Stopper Aktif Foil

Pada Stopper Aktif Foil ini diasumsikan solida dan di bagi menjadi 2 bagian pesegi panjang , berikut adalah gambar beserta perhitungannya.



Gambar 4.9 Stopper Aktif Foil

- perhitungan berat pada bagian A  
 Ukuran dimensi untuk bagian A sebagai berikut  
 Panjang = 0,08 m, tebal = 0,03 m, tinggi = 0,05 m.  
 $A1 = (P \times t) \times L \times \text{density}$   
 $A1 = (0,08 \times 0,05) \times 0,03 \times 7850$   
 $A1 = 0,942 \text{ kg}$
- perhitungan berat pada bagian B  
 Panjang = 0,056 m, tebal = 0,03 m, tinggi = 0,075 m.  
 $B1 = (P \times t) \times L \times \text{density}$   
 $B1 = (0,056 \times 0,075) \times 0,03 \times 7850$   
 $B1 = 0,98380125 \text{ kg}$

Jadi dari hasil perhitungan diatas didapatkan berat total keseluruhan dari turbin beserta poros adalah sebagai berikut:

Berat<sub>total</sub> = 1302,20 kg  $\longrightarrow$  12770,21 N

#### 2.1.3.1.2. Perhitungan Drag force

Sebelum dilakukan perhitungan terlebih dahulu mengidentifikasi bagian yang akan terkena gaya drag force. Untuk sistem mekanismem penahan akan mengalami gaya drag force pada saat floating platform beroperasi. bagian yang terkena drag force meliputi turbin, bushing dan frame poros utama dan berikut adalah perhitungan mencari besar gaya drag force, pada perhitungan gaya drag force disini akan dilakukan dalam 4 kondisi kecepatan arus ayang berbeda-beda dimana 2,4 m/s, 3,5 m/s, 4,5 m/s, 5,5 m/s dapat dihirung sebagai berikut.

a. drag force pada turbin

Dalam mengitung besar gaya drag force pada turbindibutuhkan data-data yang mendukung seperti masajenis air laut, kecepatan arus, coefisien drag force dan luas penampang. Berikut adalah data pendukung perhitungan darag force pada Turbin.

Massa jenis air laut = 1,025

Kecepatan arus = 2,4 m/s

Coefisien drag force = 1,05 (asumsi persegi panjang)

diameter = 3002 mm → 3,002 m

Panjang = 2948 mm → 2,948 m

Dalam menghitung ruas penampang pada turbin diasumsikan tubin b persegi panjang, berikut adalah hasil dari perhitungan pendekatan dinamika fluida.

$$Fd = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot Cd \cdot A}{2}$$

$$Fd = \frac{1,025 \cdot (2,4)^2 \cdot 1,05 \cdot (3002 \times 2,948)}{2}$$

$$Fd = \frac{54,8623}{2}$$

$$Fd = 27,4311$$

b. drag force pada Bushing

Dalam mengitung besar gaya drag force pada bushing dibutuhkan data-data yang mendukung seperti masajenis air laut, kecepatan arus, coefisien drag force dan luas penampang. Berikut adalah data pendukung perhitungan darag force pada bushing.

Massa jenis air laut = 1,025

Kecepatan arus = 2,4 m/s

Coefisien drag force = 1,05 (asumsi persegi panjang)

Jari-jari = 125 mm → 0,125 m

Tinggi = 700 mm → 0,7 m

Berikut adalah hasil dari perhitungan pendekatan dinamika fluida.

$$Fd = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot Cd \cdot A}{2}$$

$$Fd = \frac{1,025 \times (2,4)^2 \times 1,05 \times (2 \times 3,14 \times 0,125 \times 0,7)}{2}$$

$$Fd = \frac{2,38249}{2}$$

$$Fd = 0,7624$$

c. drag force pada frame poros utama

Dalam menghitung besar gaya drag force pada bushing dibutuhkan data-data yang mendukung seperti masajenis air laut, kecepatan arus, coefisien drag force dan luas penampang. Berikut adalah data pendukung perhitungan darag force pada bushing.

Massa jenis air laut = 1,025

Kecepatan arus = 2,4 m/s

Coefisien drag force = 1,05 (asumsi persegi panjang)

Jari-jari = 120 mm → 0,12 m

Tinggi = 2060 mm → 2,060 m

Berikut adalah hasil dari perhitungan pendekatan dinamika fluida.

$$Fd = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot Cd \cdot A}{2}$$

$$Fd = \frac{1,025 \times (2,4)^2 \times 1,05 \times (2 \times 3,14 \times 0,12 \times 2,060)}{2}$$

$$Fd = \frac{4,30777}{2}$$

$$Fd = 2,15388$$

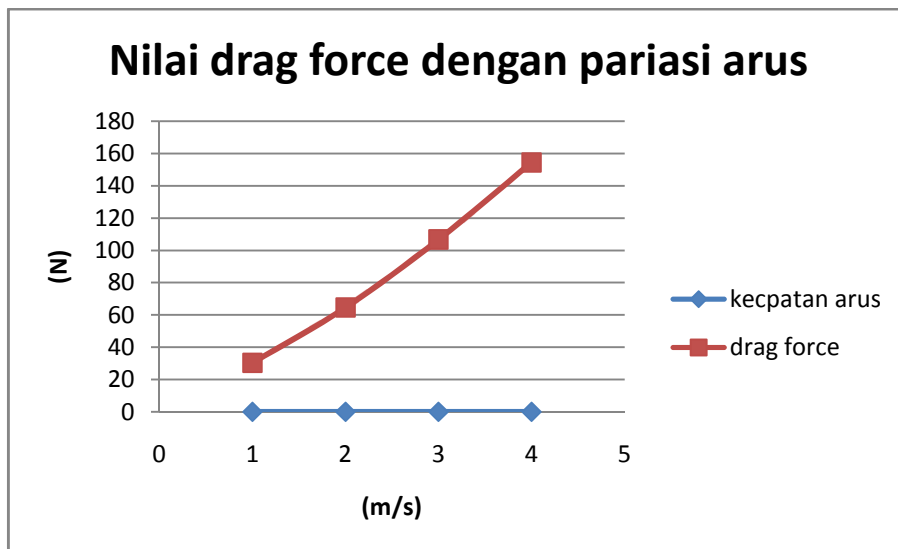
Jadi dari perhitungan 3 komponen mekanisme penahan lengan turbin didapatkan gaya total drag force yang dimana gaya total drag force untuk kecepatan arus 2,4 m/s tersebut sebesar 47,42 N. untuk besar gaya drag force untuk 3,5 m/s, 4,5 m/s dan 5,5 m/s ditampilkan dalam bentuk tabel resume sebagai berikut :

Table 4.15 perhitungan gaya drag force

No	Variasi Kecepatan Arus	Gaya drag force yang dihasilkan
1	2,4 m/s	30,34742 N



2	3,5 m/s	64,54095 N
3	4,5 m/s	106,6901 N
4	5,5 m/s	154,3137 N



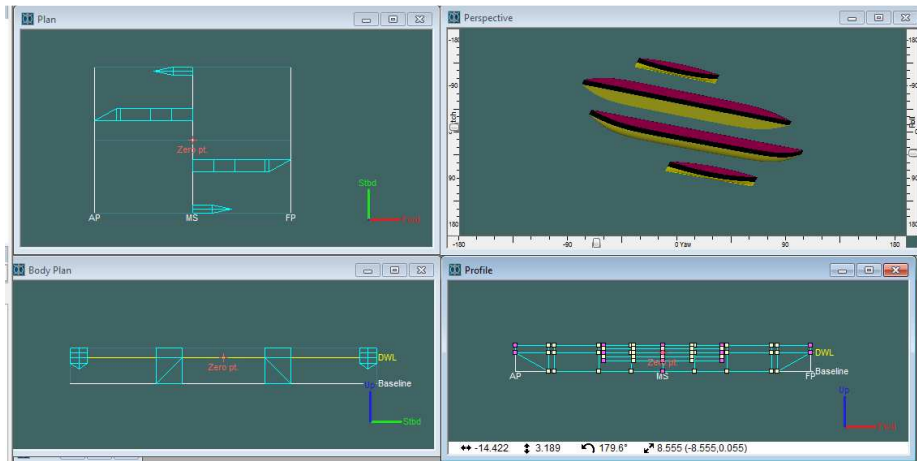
Gambar 4.10 Grafik kecepatan arus terhadap drag force

#### 2.1.3.2. Gearbox inkripsi (poros utama tirbin- generator)

Untuk Meningkatkan putaran turbin agar bisa membangkitkan listrik pada generator dibutuhkan gearbox inkripsi dengan melihat spek generator pada umumnya , untuk membangkitkan daya 5 Kw, putaran yang dihasilkan sebesar 29 rpm. Sedangkan pada generator dibutuhkan putaran sebesar 200 rpm.. oleh karna itu perlu dibuat gearbox dengan rasio 1:7. Untuk berat generator tersebut adalah 784,532 N dan beat gearbox inkripsi tersebut sebesar 171,62 N

### 2.2. Pemodelan *Floating Platform Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut*

Pemodelan *Floating Platform Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut* dapat dilakukan dengan dua cara. Pertama dengan menggunakan software MAXSURF. Pemodelan ini dilakukan untuk mempermudah pemodlan awal agar didapat koordinat dari *Floating Platform Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut* . Pada pemodelan ini , diinput *principal dimension* dari *Floating Platform Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut*. Dan di dapat untuk hasil pemodelan seperti dibawah ini.



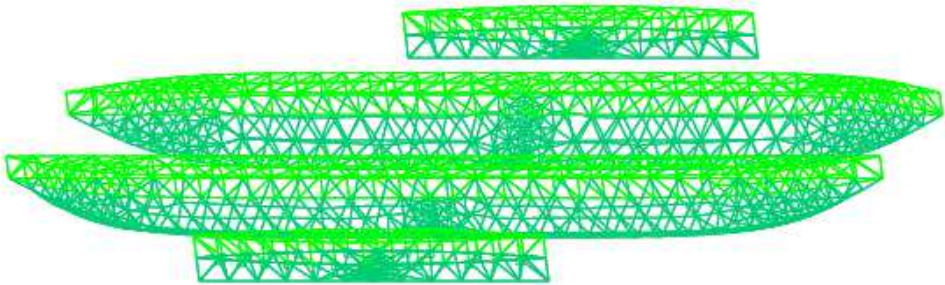
Gambar 4.11 Lambung *Floating Platform* PLTAL

Setelah dilakukan pemodelan dari *Floating Platform* PLTAL kedalam software MAXSURF, lalu dilakukan pemodelan *Floating Platform* PLTAL kedalam software MOSES.

## 2.3. Analisa

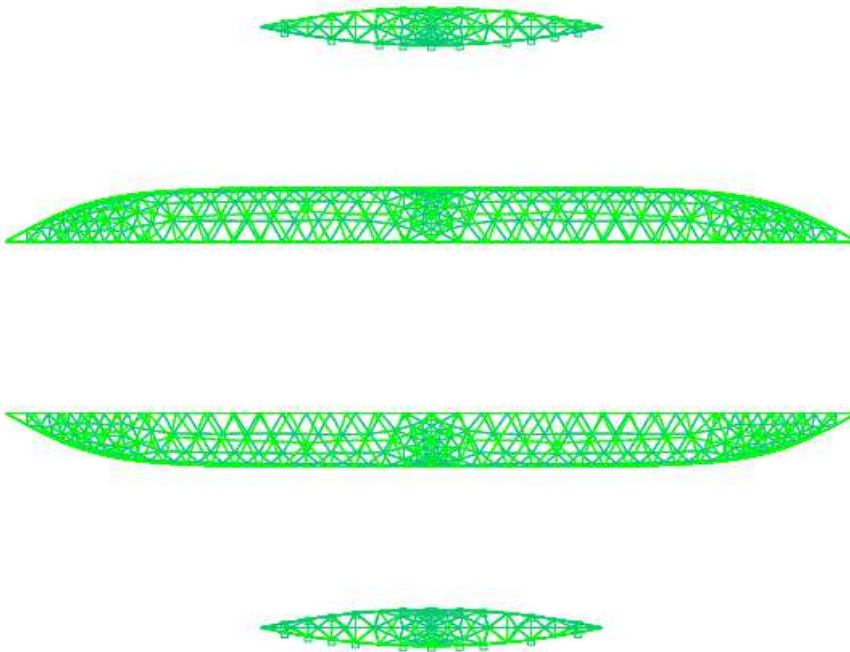
### 2.3.1. Analisa Gerakan Kapal

Analisa suatu gerakan kapal dapat dilakukan dengan bantuan MOSES. Data-data yang dibutuhkan dalam melakukan penganalisaan gerakan kapal menggunakan moses adalah titik koordinat kapal yang dimanana digunakan program untuk mengidentifikasi badan kapal, untuk menghitung luas, volume dan displasment, sehingga proses tersebut dapat digunakan sebagai salah satu validasi dari moses. Data input lainnya yang digunakan dalam analisa gerakan menggunakan moses antara lain data kondisi kapal yang menyangkut draft kapal, radius girasi, VCG. dan didapat hasil pemodelannya sebagai berikut:



Gambar 4.12 *Floating Platform PLTAL* isometric view

Pada gambar 4.2 diatas hasil dari pemodelan dengan menggunakan moses rev.6 dan gambar diatas merupakan gambar tampak isometric.

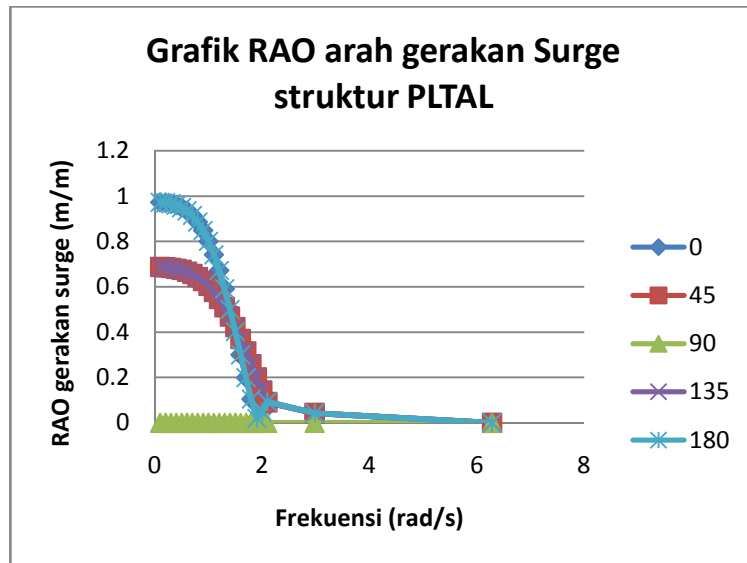


Gambar 4.13 *Floating Platform PLTAL* top view

### 2.3.2. Analisa RAO pada Floating Platform PLTAL

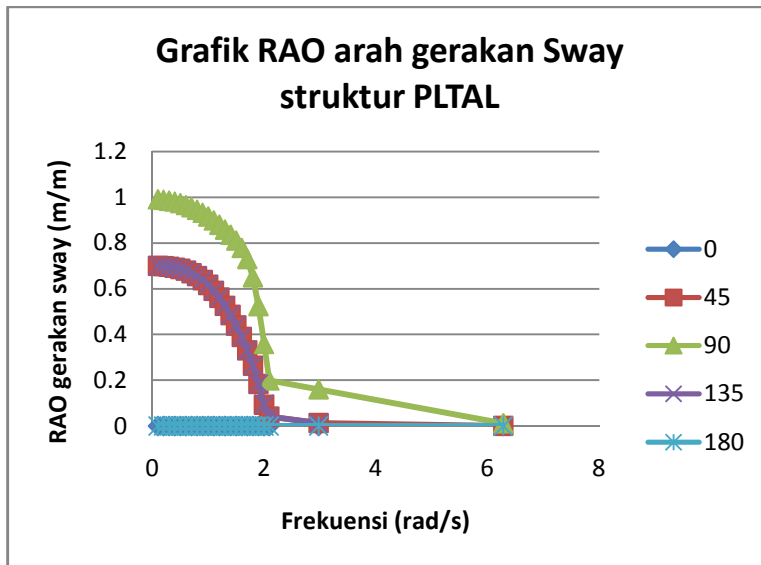
Untuk mendapatkan karakteristik gerakan suatu struktur pada Floating Platform PLTAL pada waktu beroperasi digunakan analisa RAO. Untuk mendapatkan Analisa RAO dapat dengan menggunakan software MOSES ref V8i. Berikut

hasil dari RAO pada software moses yang menyajikan amplitude gerakan respce kapal disajikan dalam grafik dibawah ini.



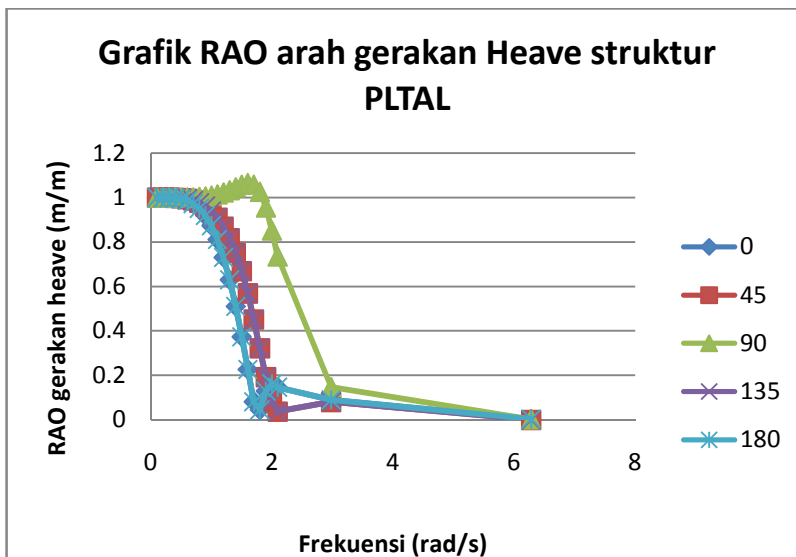
Gambar 4.14 Grafik RAO gerakan surge pada struktur PLTAL

Dari gambar 4.4 diatas dapat di lihat untuk amplitudo surge tertinggi untuk Heading  $0^\circ$  adalah 0.973 m/m terjadi pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $45^\circ$  adalah 0.688 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $135^\circ$  adalah 0.688 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $180^\circ$  adalah 0.973 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec.



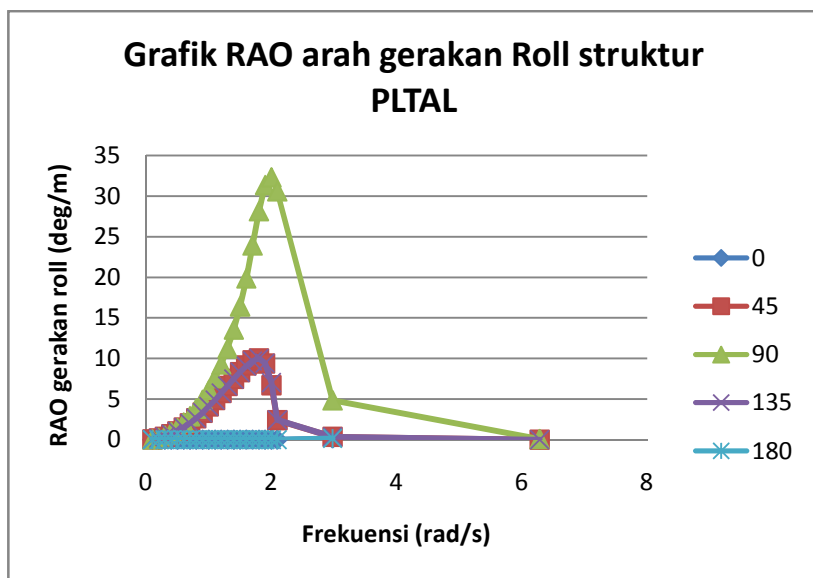
Gamabar 4.15 Grafik RAO gerakan Sway pada struktur PLTAL

Dari gambar 4.5 diatas dapat di lihat untuk amplitudo Sway tertinggi untuk Amplitudo tertinggi heading 45° adalah 0.701 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading 90° adalah 0.992 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading 135° adalah 0.701 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec.



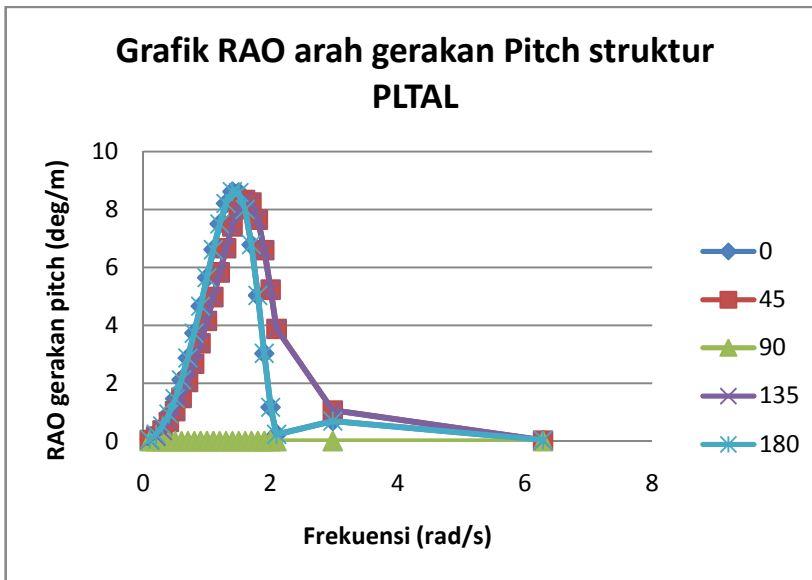
Gambar 4.16 Grafik RAO gerakan Heave pada struktur PLTAL

Dari gambar 4.6 diatas dapat di lihat untuk amplitudo Heave tertinggi untuk Amplitudo tertinggi heading  $0^\circ$  adalah 1 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.3 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $45^\circ$  adalah 1 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.2 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $90^\circ$  adalah 1.066 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.61 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $135^\circ$  adalah 1 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $180^\circ$  adalah 1 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec.



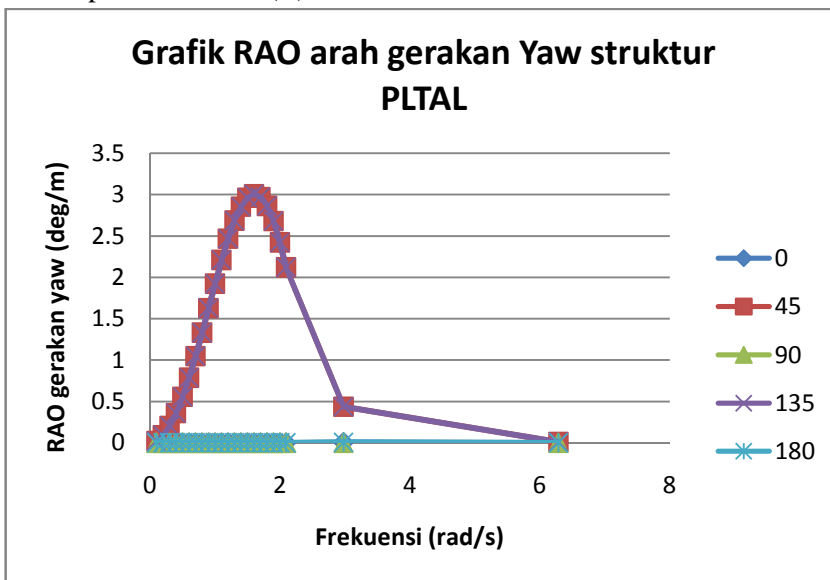
Gambar 4.17 Grafik RAO gerakan Roll pada struktur PLTAL

Dari gambar 4.7 diatas dapat di lihat untuk amplitudo Roll tertinggi untuk Amplitudo tertinggi heading  $0^\circ$  adalah 0.15 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 2.9778 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $45^\circ$  adalah 10.029 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.8 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $90^\circ$  adalah 32.324 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 2 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $135^\circ$  adalah 10.029 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $180^\circ$  adalah 0.15 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.8 rad/sec.



Gamabar 4.18 Grafik RAO gerakan pitch pada struktur PLTAL

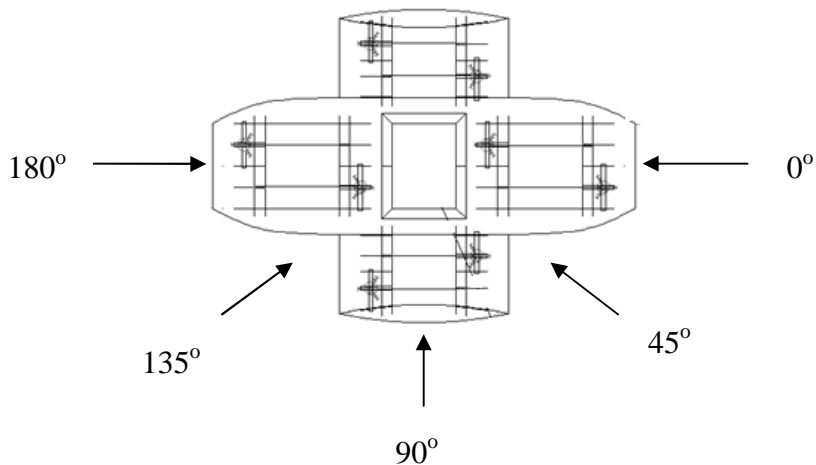
Dari gambar 4.7 diatas dapat di lihat untuk amplitudo Picth tertinggi untuk Amplitudo tertinggi heading  $0^{\circ}$  adalah 8.618 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.4 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $45^{\circ}$  adalah 8.33 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.6 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $135^{\circ}$  adalah 8.334 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.4 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $180^{\circ}$  adalah 8.621 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.6 rad/sec.



Gambar 4.19 Grafik RAO gerakan yaw pada struktur PLTAL

Dari gambar 4.9 diatas dapat di lihat untuk amplitudo Yaw tertinggi untuk Amplitudo tertinggi heading  $0^\circ$  adalah 0.004 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 2.9778 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $45^\circ$  adalah 3.004 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.6 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $135^\circ$  adalah 3.004 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 2.9778 rad/sec. Untuk Amplitudo tertinggi heading  $180^\circ$  adalah 0.004 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.4 rad/sec.

Dari gambar-gambar RAO diatas bisa kita perhatikan pada masing-masing gerakan terjadi banyak variasi gelombang mulai dari paling besar hingga yang paling kecil. Setelah didapatkan hasil RAO dari semua gerakan dengan sudut yang telah ditentukan. Berikut adalah gambaran sudut arah datangnya gelombang.



Gambar 4.20 Simulasi Arah Datangnya Gelombang

Setelah didapatkan nilai dari RAO selanjutnya dilakukan penginputan data RAO ke software orca untuk mendapatkan nilai Force dari masing-masing gelombang. Berikut merupakan hasil dari beban gelombang yterhadap platform Berikut adalah pembebanan dengan yang dihasilkan oleh gelombang.

Setelah didapatkan nilai dari RAO selanjutnya dilakukan penginputan data RAO ke software orca untuk mendapatkan nilai G(gravity). dimana kita tahu bahwa beban statis mengalami magnifikasi dikarenakan gerakan platform yang di tunjukan oleh besarnya G(gravity). Dan berikut adalah gravity yang dihasilkan.



Tabel 4.16 untuk yang collinier

No	Sudut		Time (s)	Roll Acceleration (m/s <sup>2</sup> )	Gravitasi (m/s <sup>2</sup> )	Total
1	0	Max	8587.6	4.7315	9.81	0.4823
2	45	Max	3593	4.9987	9.81	0.5095
3	90	Max	3593	11.4637	9.81	1.1686
4	135	Max	8589.9	2.8443	9.81	0.2899
5	180	Max	1392.6	3.6647	9.81	0.3736

Tabel 4.17 pitch dengan collinier

No	Sudut		Time (s)	pitch Acceleration (m/s <sup>2</sup> )	Gravitasi (m/s <sup>2</sup> )	Total
1	0	Max	41.3	1.0267	9.81	0.1047
2	45	Max	9324.9	8.1186	9.81	0.8276
3	90	Max	6568.5	11.2754	9.81	1.1494
4	135	Max	8591.1	7.1266	9.81	0.7265
5	180	Max	7367	0.0938	9.81	0.0096

Tabel 4.18 yaw dengan collinier

No	Sudut		Time (s)	yaw Acceleration (m/s <sup>2</sup> )	Gravitasi (m/s <sup>2</sup> )	Total
1	0	Max	8587.6	7.6001	9.81	0.7747
2	45	Max	3593	6.5931	9.81	0.6721
3	90	Max	3593	7.7260	9.81	0.7876
4	135	Max	8589.9	5.3671	9.81	0.5471
5	180	Max	1392.6	3.5447	9.81	0.3613

Tabel 4.19 Surge dengan collinier

No	Sudut		Time (s)	Surge Acceleration (m/s <sup>2</sup> )	Gravitasi (m/s <sup>2</sup> )	Total
1	0	Max	8587.6	3.1097	9.81	0.3170
2	45	Max	3593	3.5345	9.81	0.3603
3	90	Max	3593	1.7813	9.81	0.1816
4	135	Max	8589.9	1.8327	9.81	0.1868

5	180	Max	1392.6	2.7740	9.81	0.2828
---	-----	-----	--------	--------	------	--------

Tabel 4.20 Sway dengan collinier

No	Sudut		Time (s)	Sway Acceleration (m/s <sup>2</sup> )	Gravitasi (m/s <sup>2</sup> )	Total
1	0	Max	8587.6	0.8897	9.81	0.0907
2	45	Max	3593	3.8991	9.81	0.3975
3	90	Max	3593	5.2223	9.81	0.5323
4	135	Max	8589.9	3.9520	9.81	0.4029
5	180	Max	1392.6	0.0910	9.81	0.0093

Tabel 4.21 Heave dengan collinier

No	Sudut		Time (s)	Heave Acceleration (m/s <sup>2</sup> )	Gravitasi (m/s <sup>2</sup> )	Total
1	0	Max	8592.8	11.1860	9.81	1.1403
2	45	Max	3593	11.4637	9.81	1.1686
3	90	Max	8593	13.2398	9.81	1.3496
4	135	Max	8591.9	9.7859	9.81	0.9975
5	180	Max	8591.8	5.9372	9.81	0.6052

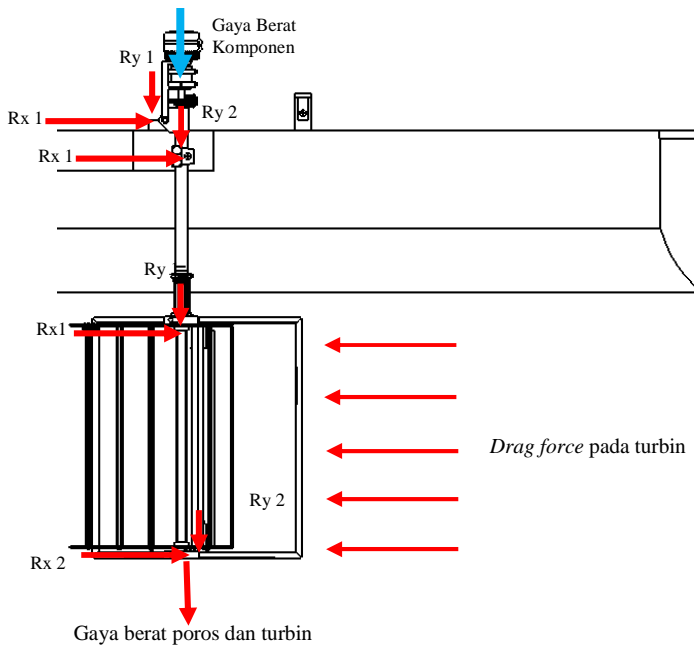
Dari table di atas terdapat beberapa kondisi dengan radius yang telah ditentukan dan kita dapat melihat bahwa pada radius 90 derajat dengan gerakan heave memiliki gravity terbesar dibandingkan yang lain dimana nilai yang didapat adalah 1.349624 m<sup>2</sup> . nilai ini akan digunakan sebagai penambahan beban yang akan diterima oleh mekanisme penahan akibat adanya gelombang heave .

## 2.4. Pembebanan yang Diterima Mekanisme Penahan Turbin

Dalam pembebanan yang akan di terima oleh mekanisme penahan, ada beberapa beban-beban yang di terima baik pada saat beroperasi maupun tindak beroperasi

### 4.4.1 Pembebanan pada saat beroperasi

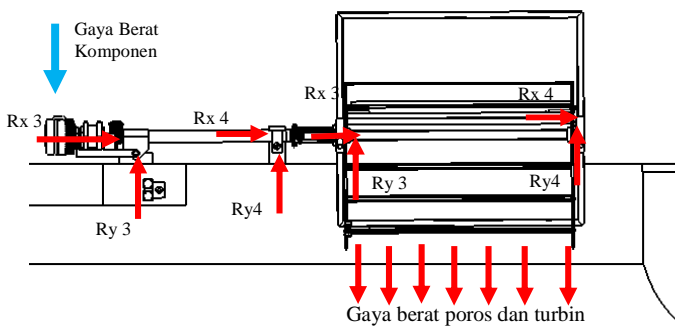
Pada saat beroperasi ada beberapa beban yang harus dapat ditahan oleh mekanisme penahan baik itu dari turbin poros turbin serta gearbox,dan generator. Berikut adalah penggambaran beban yang kan di terima oleh mekanisme penahan atau stopper pada saat beroperasi.



Gambar 4.21 Pembebanan Mekanisme Penahan Pada Saat Beroperasi

#### 4.4.2 Ketika tidak beroperasi/ maintenance

Dalam keadaan beroperasi pun mekanisme penahan harus bisa menahan beban dari turbin beserta poros, gearbox dan generator. Berikut adalah penggambaran beban yang bekerja pada saat maintenance atau ketika sedang tidak beroperasi.

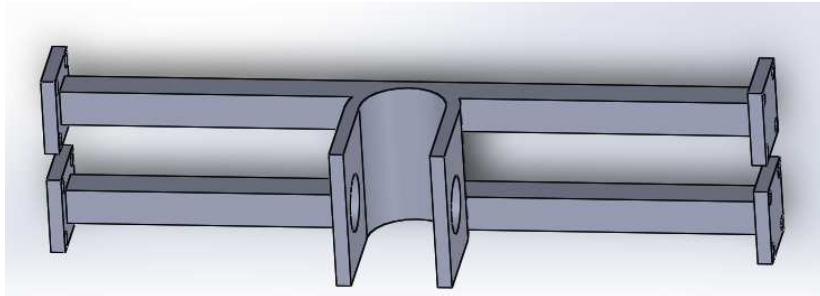


Gambar 4.22 Pembebanan Mekanisme Penahan Pada Saat Tidak Beroperasi

## 2.5. Pemodelan dan Analisa Mekanisme penahan

Dalam pemodelan mekanisme penahan ini ada beberapa part yang terdapat dalam mekanisme ini sesuai dengan fungsi dan kebutuhan, berikut merupakan gambaran dari meknisme penahan:

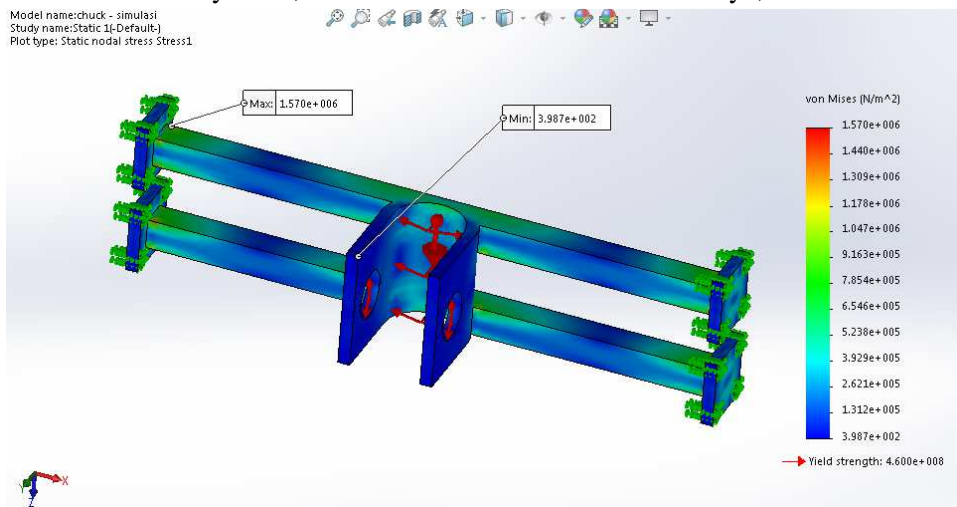
### 2.5.1. Penumpu bawah (Chuck)



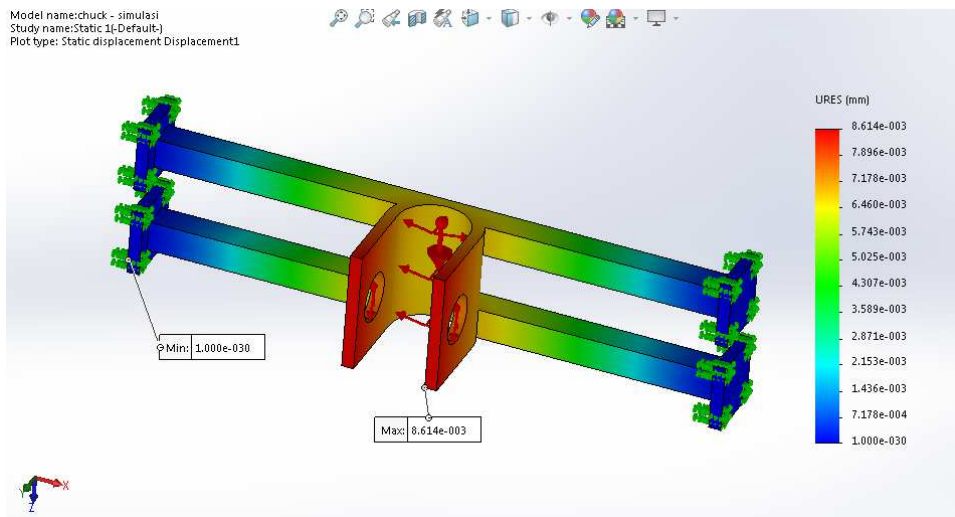
gambar 4.23 Stuktur Pengunci Utama (vertical)

gambar 4.16 berfungsi untuk mempertahankan posisi turbin dimana pada posisi vertical (loading) agar turbin tidak goyang ketika terkena arus laut. Oleh karna itu Stuktur Pengunci Utama (vertical) sangat penting. Dan beban yang di tahan oleh pengunci frame tersebut merupakan drag force yang munul pada turbin.

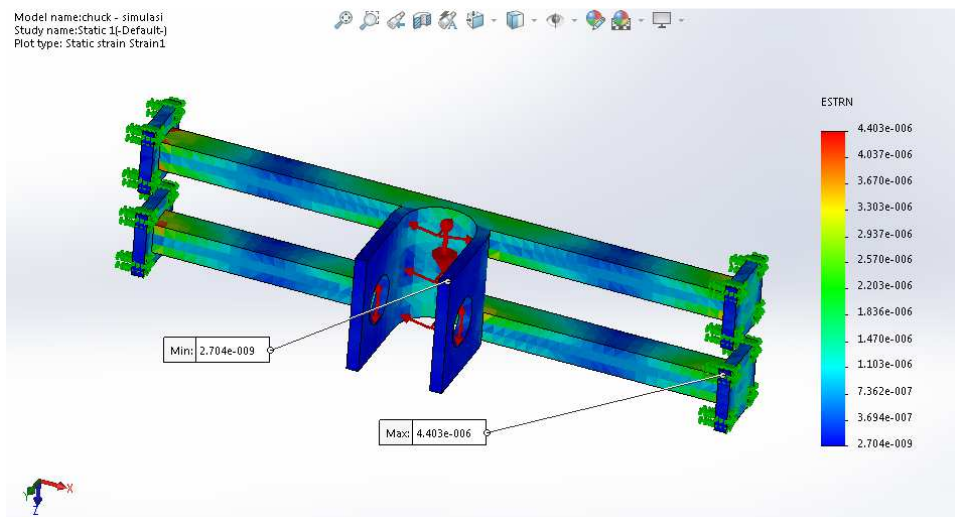
Pada struktur pengunci ini akan menerima atau dilakukan pembebanan yang diakibatkan adanya gaya drag force ya itu sebesar 154,31 N pada kecepatan arus asumsi maksimal yaitu 5,5 m/s. berikut adalah hasil simulasinya,



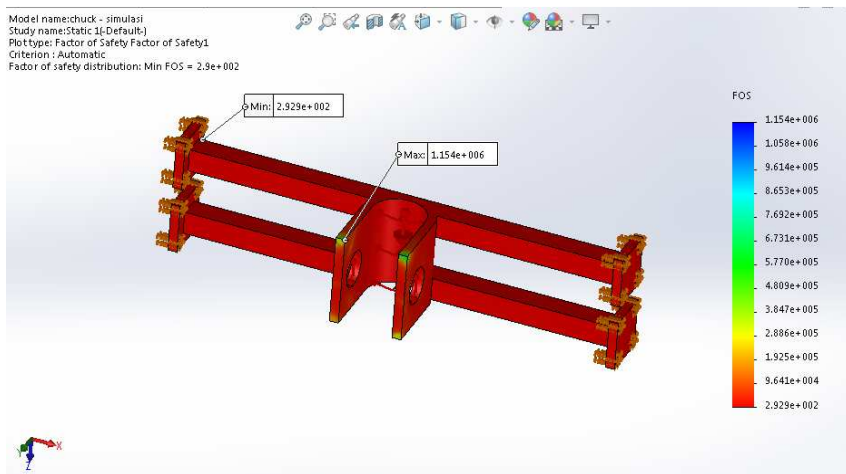
Gambar 4.24 Tegangan yang terjadi pada frame pengunci vertika (chuck)



Gambar 4.25 Displasment yang terjadi pada frame pengunci vertika (chuck)



Gambar 4.26 regangan yang terjadi pada frame pengunci vertika (chuck)



Gambar 4.27 factor of safety distribution frame pengunci vertika (chuck)

Berdasarkan simulasi, didapatkan tegangan maksimum yang muncul sebesar  $1.570 \cdot 10^6$  pascal, displacement maksimum  $8.614 \cdot 10^{-3}$  mm dan regangan maksimum  $4.403 \cdot 10^{-6}$ , FOS maksimum  $1.15 \cdot 10^6$  Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4.600 \cdot 10^8$  pascal.

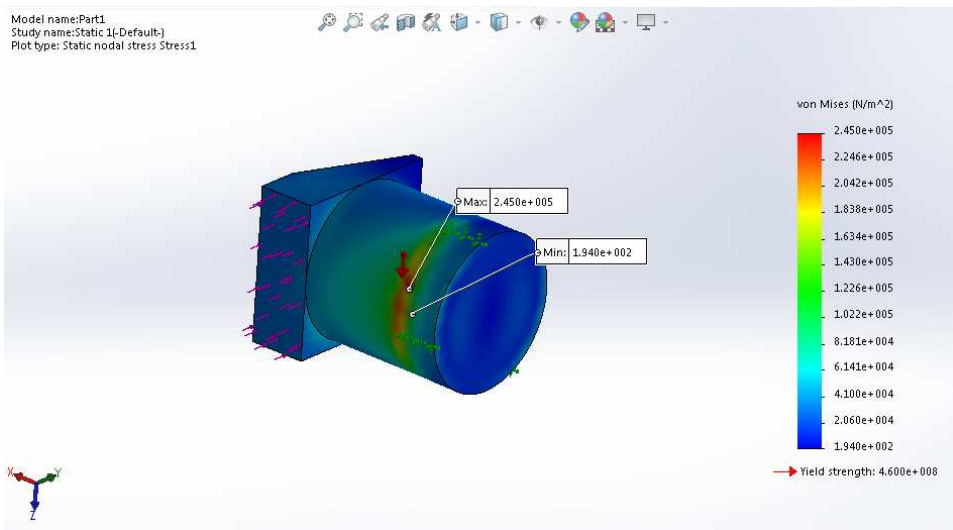
Dari tegangan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada ABS 'safehull-Dynamic loading approach' for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

$$1.570 \cdot 10^6 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

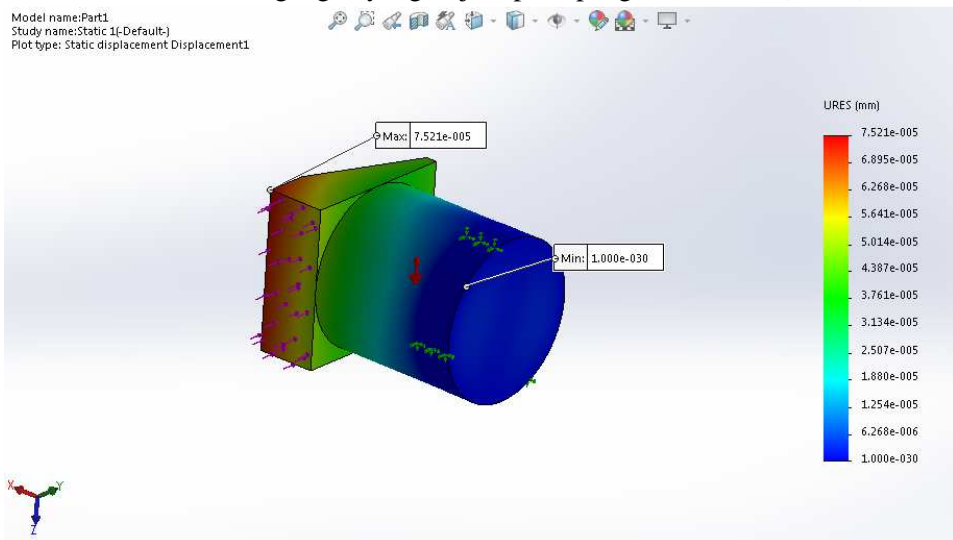
$$1.570 \cdot 10^6 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

- pengunci pada chuck

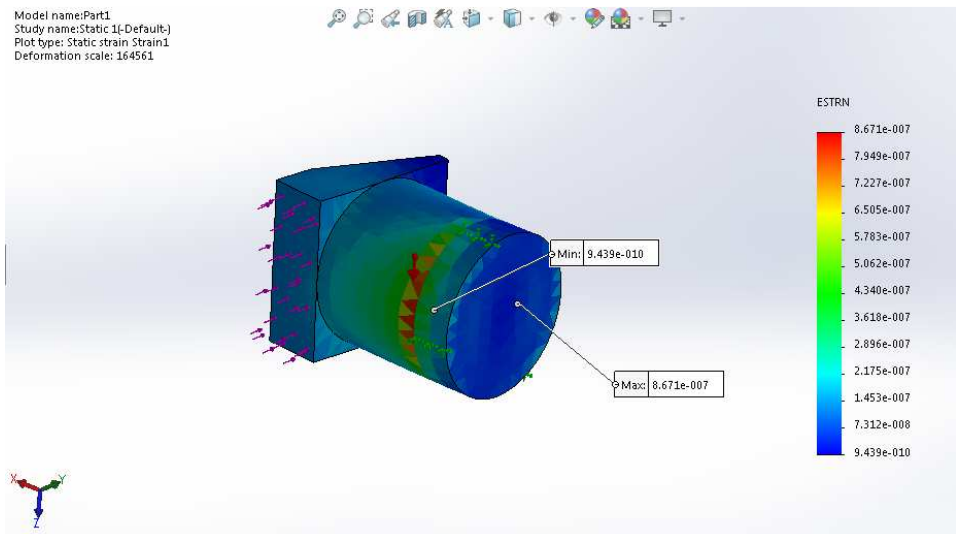
Pada baguan chuck terdapat suatu pengunci untuk mempertahankan posisi frame poros utama .pada pengunci chuck ini menerima beban dari gaya drag force sebesar 154,31 N pada kecepatan arus asumsi maksimal yaitu 5,5 m/s. berikut adalah hasil simulasinya.



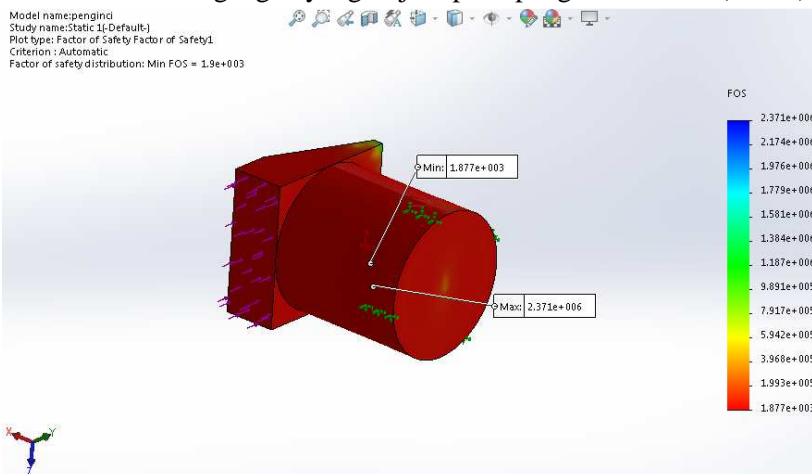
Gambar 4.28 Tegangan yang terjadi pada pengunci vertika (chuck)



Gambar 4.29 Displasment yang terjadi pada pengunci vertika (chuck)



Gambar 4.30 regangan yang terjadi pada pengunci vertika (chuck)



Gambar 4.31 factor of safety distribution frame pengunci vertika (chuck)

Berdasarkan simulasi, didapatkan tegangan maksimum yang muncul sebesar  $2,450 \cdot 10^5$  pascal, displasment maksimum  $7,521 \cdot 10^{-5}$  mm dan regangan maksimum  $8,671 \cdot 10^{-7}$ , FOS maksimum  $2.371 \cdot 10^6$ . Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4.600 \cdot 10^8$  pascal. Dengan demikian dapat disimpulkan desain aman digunakan.

Dari tegangan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada ABS 'safehull-Dynamic loading approach' for Floating Production, Storage and

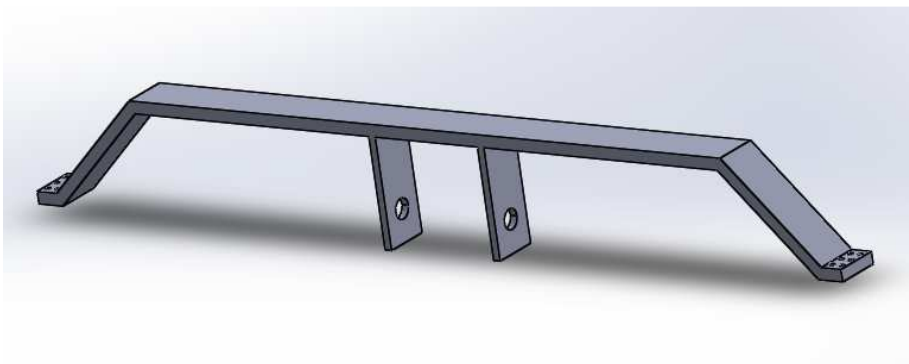


Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

$$2,450 \cdot 10^5 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

$$2,450 \cdot 10^5 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

### 2.5.2. Pengunci pada bagian atas (tidak beroperasi)

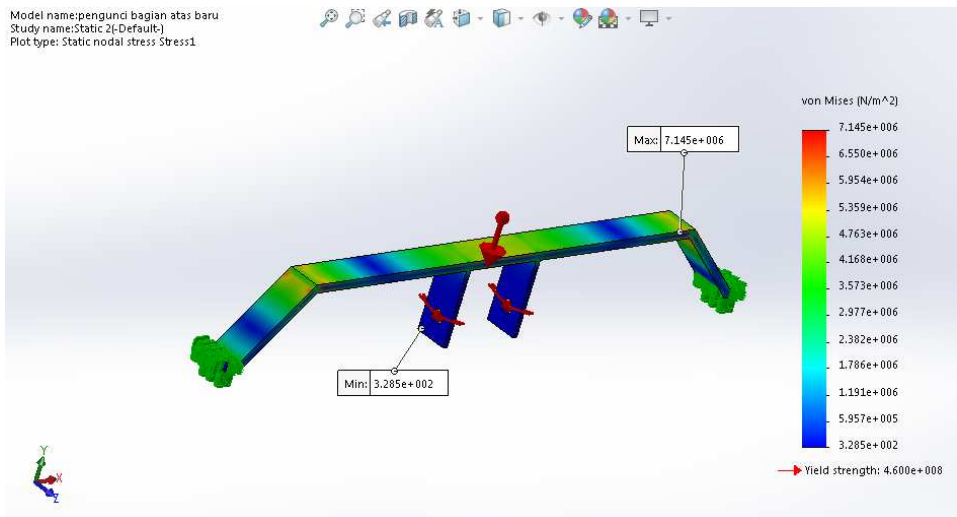


Gambar 4.33 Pengunci bagian atas Ketika tidak beroperasi

Gambar 4.13 diatas merupakan salah satu bagian dari mekanisme pengunci yang dimana digunakan pada saat turbin tidak beroperasi. Jadi jika turbin tersebut tidak beroperasi maka akan dilakukan pengangkatan turbin dan akan di kunci seperti pada gambar 4.21.

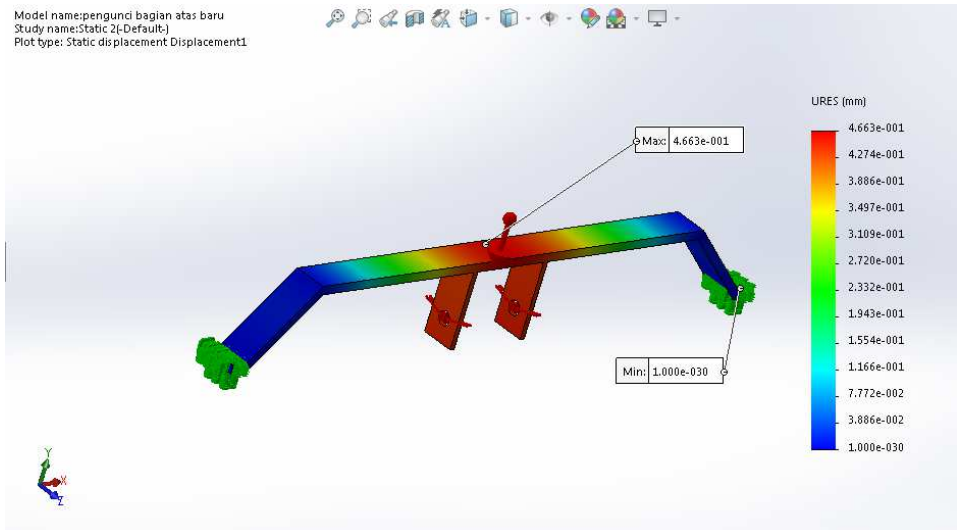
Pada Pengunci bagian atas ini akan menerima beban berat keseluruhan turbin beserta poros yaitu sebesar 12770,21 N dikarenakan adanya penambahan gravitasi yang diakibatkan angin, gelombang dan arus maka harus dikalikan dengan pertambahan percepatan gravitasi sebesar 1,3496 jadi berat turbin beserta dengan poros menjadi 17234,7 N. selanjutnya dilakukan simulasi sebagai berikut:

Model name: pengunci bagian atas baru  
 Study name: Static 2f-Default-1  
 Plot type: Static nodal stress Stress1

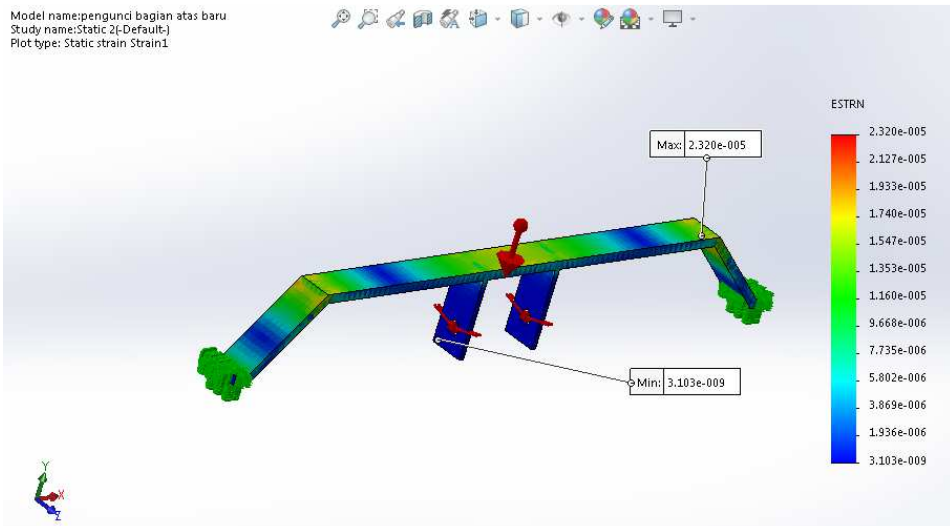


Gambar 4.34 Tegangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas

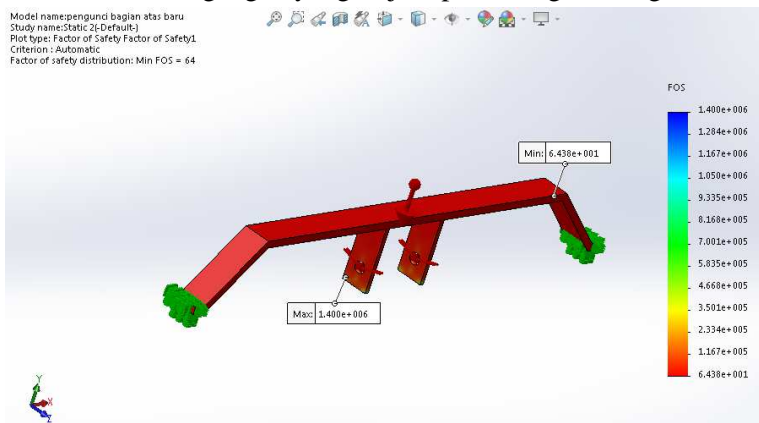
Model name: pengunci bagian atas baru  
 Study name: Static 2f-Default-1  
 Plot type: Static displacement Displacement1



Gambar 4.35 Displasment yang terjadi pada Pengunci bagian atas



Gambar 4.36 regangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas



Gambar 4.37 factor of safety distribution frame pengunci vertika (chuck)

Berdasarkan simulasi, didapatkan tegangan maksimum yang muncul sebesar  $7.145 \cdot 10^6$  pascal, displacement maksimum  $4.66310^{-1}$  mm dan regangan maksimum  $2.320 \cdot 10^{-5}$ , FOS maksimum  $1.400 \cdot 10^6$ . Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4,6 \cdot 10^8$  pascal. Dengan demikian dapat disimpulkan desain aman digunakan. Karna

Dari tegangan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada ABS 'safehull-Dynamic loading approach' for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui

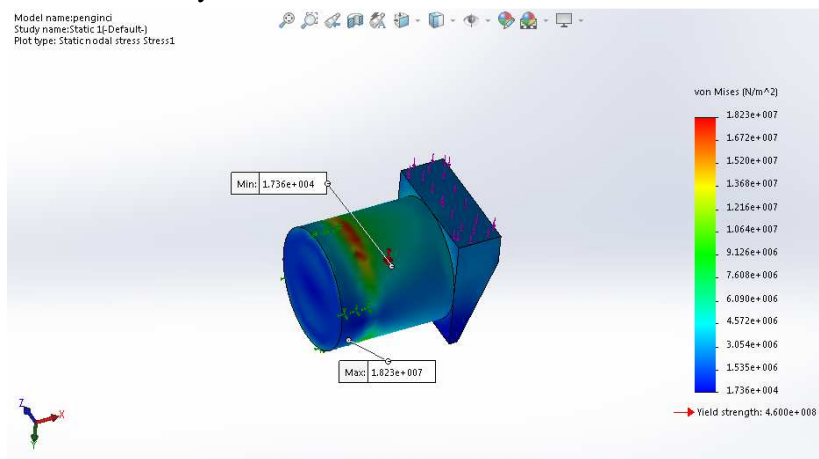
bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

$$7.145 \cdot 10^6 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

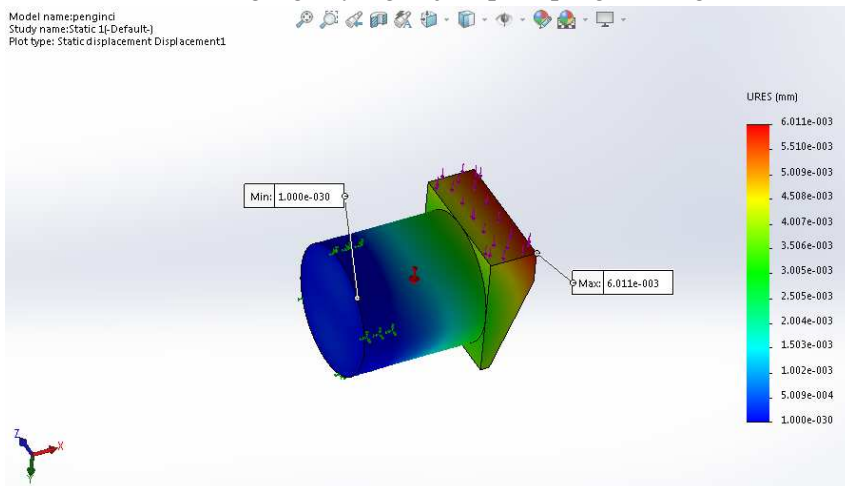
$$7.145 \cdot 10^6 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

- pengunci pada pengunci bagian atas

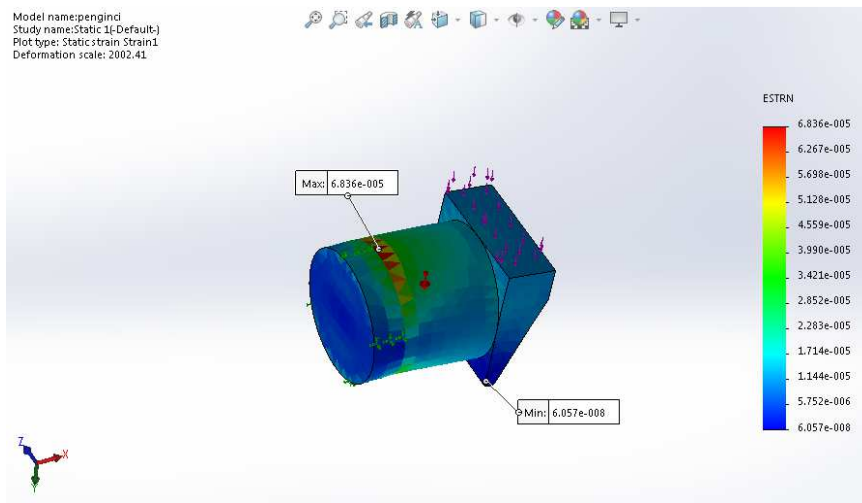
Pada baguan chuck terdapat suatu pengunci untuk mempertahankan posisi frame poros utama .pada pengunci chuck ini menerima beban dari gaya drag force sebesar 154,31 N pada kecepatan arus asumsi maksimal yaitu 5,5 m/s. berikut adalah hasil simulasinya.



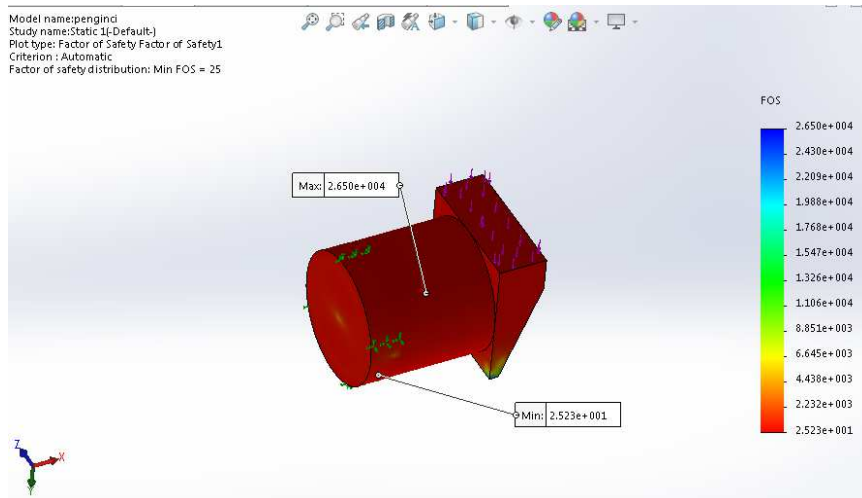
Gambar 4.38 Tegangan yang terjadi pada pengunci bagian atas



Gambar 4.39 Displasment yang terjadi pada pengunci bagian atas



Gambar 4.40 regangan yang terjadi pada pengunci bagian atas



Gambar 4.41 factor of safety distribution frame pengunci bagian atas

Berdasarkan simulasi, didapatkan tegangan maksimum yang muncul sebesar  $1.823 \cdot 10^7$  pascal, displacement maksimum  $6.611 \cdot 10^{-3}$  mm dan regangan maksimum  $6.036 \cdot 10^{-5}$ , FOS maksimum  $2.650 \cdot 10^4$ . Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4.600 \cdot 10^8$  pascal.

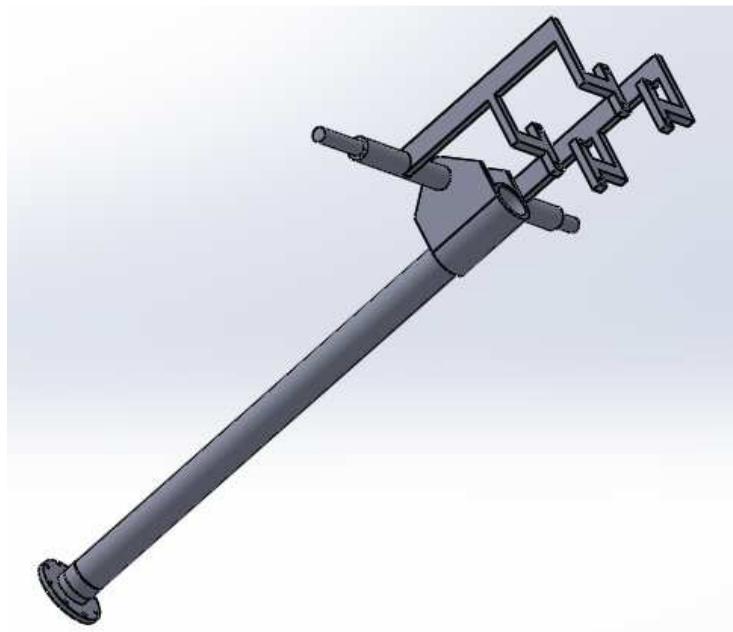
Dari tegangan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada ABS 'safehull-Dynamic loading approach' for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui

bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

$$1.823 \cdot 10^7 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

$$1.823 \cdot 10^7 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

### 2.5.3. Frame Poros Utama



Gambar 4.42 Frame Poros Utama

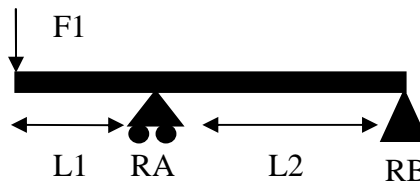
Frame poros utama merupakan bagian dari mekanisme penahan lengan turbin yang dimana frame poros utama ini akan menahan berat dari generator, gearbox dan turbin itu sendiri. selain itu frame poros utama dapat bergerak naik dan turun dimana ketika sedang beroperasi frame poros utama akan menurunkan turbin hingga tercelup kedalam air dan ketika sedang tidak beroperasi frame poros utama turbine akan mengangkat turbin keatas. disamping hal tersebut terdapat penyangga frame poros utama yang dimana penyangga tersebut digunakan untuk mengga frame poros utama yang terkoneksi dengan lambung Floating platform PLTAL oleh sebab itu perlu dilakukan perhitungan diameter dan reaksi yang terdapat pada penyangga frame poros utama. Pada frame poros utama ini terdapat dua kondisi yaitu pada saat beroperasi dan pada saat tidak beroperasi atau

stand by pada perhitungan ini akan diuraikan pada dua kondisi tersebut. menurut buku “*Machine Elements In Mechanical Design*” dapat dihitung sebagai berikut:

- Perhitungan diameter dan reaksi pada penyangga frame poros utama pada saat beroperasi.

Pertama dilakukan penguraian gaya yang bekerja pada setiap bagian yang akan dilakukan perhitungan berikut adalah urutan perhitungan.[14]

- Mencari reaksi yang terdapat pada tumpuan RB dan RA



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $F_1 = 30,743 \text{ N}$ ,  $L_1 = 1,54 \text{ m}$ ,  $L_2 = 0,65 \text{ m}$ .

$$\sum M_{RA} = 0$$

$$- (RBV \times L_2) + (F_1 \times L_1) = 0$$

$$RBV = \frac{(F_1 \times L_1)}{L_2}$$

$$RBV = \frac{(30,743 \times 1,54)}{1,54}$$

$$RBV = 71,9 \text{ N}$$

$$RBV = 71,9 \text{ N}$$

Dikarnakan memiliki 2 tumpuan maka hasil reaksi dibagi dua jadi setaiap tumpuan menerima reaksi 35,95 N

$$\sum M_{RB} = 0$$

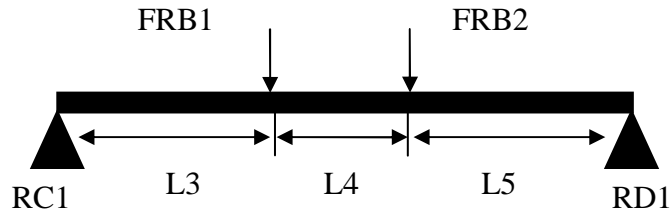
$$(F_1 \times (L_1 + L_2)) - (RAV \times L_2)$$

$$RAV = \frac{(F_1 \times (L_1 + L_2))}{L_2}$$

$$RAV = \frac{(66,46)}{0,65}$$

$$RAV = 102,25 \text{ N}$$

- Mencari reaksi pada  $RC_1$  dan  $RD_1$



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $FRB1 = 35,95 \text{ N}$ ,  $FRB2 = 35,95 \text{ N}$ .  $L3 = 0,43 \text{ m}$ ,  $L4 = 0,13 \text{ m}$ ,  $L5 = 0,43 \text{ m}$ .

$$\sum M_{RC1} = 0$$

$$(FB1 \times L3) + (FB2 \times (L3 + L4)) - (RDV1 \times (L3 + L4 + L5))$$

$$RDV1 = \frac{((FB1 \times L3) + (FB2 \times (L3 + L4)))}{(L5 + L4 + L3)}$$

$$RDV1 = \frac{(35,68 + 20,13)}{0,91}$$

$$RDV1 = 39,21 \text{ N}$$

$$\sum M_{RD1} = 0$$

$$(FB2 \times L5) + (FB1 \times (L5 + L4)) - (RCV1 \times (L5 + L4 + L3))$$

$$RCV1 = \frac{(FB2 \times L5) + (FB1 \times (L5 + L4))}{(L5 + L4 + L3)}$$

$$RCV1 = \frac{(35,68 + 20,13)}{0,91}$$

$$RCV1 = 39,21 \text{ N}$$

- Mencari Momen pada FRB1 dan FRB 2

Momen pada FRB1



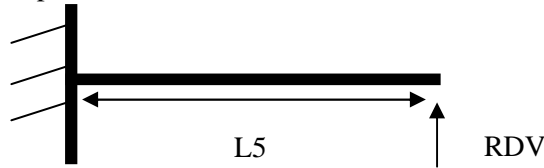
Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $RDV2 = 39,21 \text{ N}$ ,  $L3 = 0,43 \text{ m}$ ,  $L3 = 0,43 \text{ m}$ ,

$$\sum M_{FRB1} = RCV2 \times L1$$

$$\sum M_{FRB1} = 16,96 \text{ Nm}$$



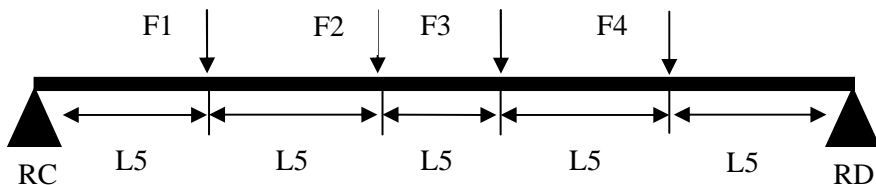
Momen pada FRB2



$$\sum M_{FRB2} = RDV \times L5$$

$$\sum M_{FRB2} = 16,96 \text{ Nm}$$

- Mencaari reaksi pada RC dan RD



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $F1 = 645,21 \text{ N}$ ,  $F2 = 8617,33 \text{ N}$ ,  $F3 = 8617,33 \text{ N}$ ,  $F4 = 645,21 \text{ N}$ ,  $L1 = 0,235 \text{ m}$ ,  $L2 = 0,197 \text{ m}$ ,  $L3 = 0,135 \text{ m}$ ,  $L4 = 0,197 \text{ m}$ ,  $L5 = 0,235 \text{ m}$ .

$$\sum M_{RC} = 0$$

$$(F1 \times L1) + (F2 \times (L2 + L1)) + (F3 \times (L1 + L2 + L3)) + (F4 \times (L1 + L2 + L3 + L4)) - (RDV \times (L1 + L2 + L3 + L4 + L5))$$

$$RDV = (F1 \times L1) + (F2 \times (L2 + L1)) + (F3 \times (L1 + L2 + L3)) + (F4 \times (L1 + L2 + L3 + L4)) / (L1 + L2 + L3 + L4 + L5)$$

$$RDV = (151,62 + 3726,99 + 4890,33 + 493,58) / 1$$

$$RDV = 9262,54 \text{ N}$$

$$\sum M_{RD} = 0$$

$$(F4 \times L5) + (F3 \times (L5 + L4)) + (F2 \times (L5 + L4 + L3)) + (F1 \times (L5 + L4 + L3 + L2)) - (RCV \times (L5 + L4 + L3 + L2 + L1))$$

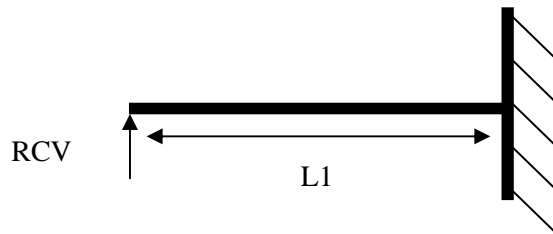
$$RCV = (F4 \times L5) + (F3 \times (L5 + L4)) + (F2 \times (L5 + L4 + L3)) + (F1 \times (L5 + L4 + L3 + L2)) / (L1 + L2 + L3 + L4 + L5)$$

$$RCV = 151,62 + 3726,99 + 4890,33 + 493,58 / 1$$

$$RCV = 9262,54 \text{ N}$$

- Mencari momen pada titik F1 dan F4

Momen pada F1



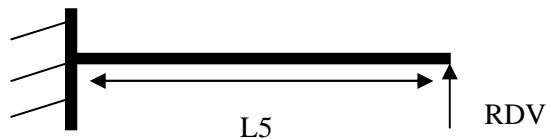
Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $RCV = 9262,54 \text{ N}$ ,  $L1 = 0,235 \text{ m}$ .

$$\sum MF1 = RCV \times L1$$

$$\sum MF1 = 151,62 \text{ NM}$$

$$\sum MF1 = 1342 \text{ lb.in}$$

Momen pada F4



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $RDV = 9262,54 \text{ N}$ ,  $L5 = 0,235 \text{ m}$ .

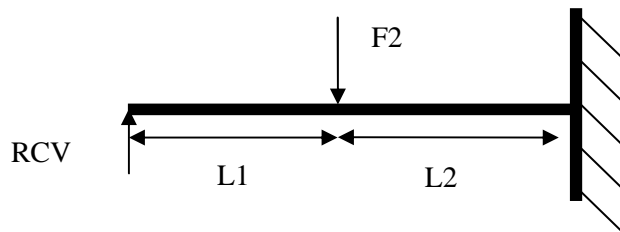
$$\sum MF4 = RDV \times L5$$

$$\sum MF4 = 151,62 \text{ NM}$$

$$\sum MF4 = 1342 \text{ lb.in}$$

- Mencari momen pada F2 dan F3

Momen pada F2

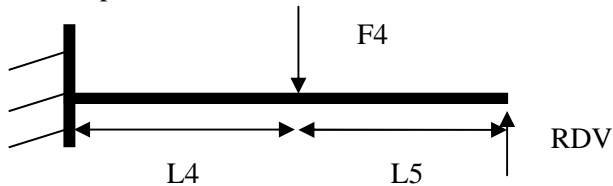


Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $RCV = 9262,54 \text{ N}$ ,  $F2 = 645,21 \text{ N}$ ,  $L1 = 0,235 \text{ m}$ ,  $L2 = 0,197 \text{ m}$ .

$$\sum F_3 = - (F_2 \times L_2) + (RCV \times (L_1 + L_2))$$

$$\sum F_3 = 3878,6 \text{ NM}$$

Momen pada F3



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $RCV = 9262,54 \text{ N}$ ,  $F_4 = 645,21 \text{ N}$ ,  $L_4 = 0,197 \text{ m}$ ,  $L_5 = 0,235 \text{ m}$ .

$$\sum F_3 = - (F_4 \times L_4) + (RCV \times (L_4 + L_5))$$

$$\sum F_3 = 3854,4 \text{ NM}$$

- Mencari diameter silinder

sebelum mencari besarnya diameter silinder pada kasus diatas terdapat 2 gaya dengan arah yang berbeda yaitu  $F_2$  dengan  $FRB1$  dan  $F_3$  dengan  $FRB2$  dimana memiliki tempat yang sama maka harus dilakukan perhitungan gaya momen rata-rata dengan rumus sebagai berikut:

Mencari momen dari  $F_2$  dengan  $FRB1$

$$= \sqrt{(F_2^2) + (FRB1^2)}$$

$$= \sqrt{(15043687,7) + (287,57)}$$

$$= \sqrt{15043975,24}$$

$$= 3978,65 \text{ NM}$$

$$= 34329,99 \text{ lb.in}$$

Mencari momen dari  $F_3$  dengan  $FRB2$

$$= \sqrt{(F_3^2) + (FRB2^2)}$$

$$= \sqrt{(15043687,7) + (287,57)}$$

$$= \sqrt{15043975,24}$$

$$= 3978,65 \text{ NM}$$

$$= 34329,99 \text{ lb.in}$$

Mencari diameter silinder

Diameter silinder dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \left[ \frac{32 N}{\pi} \sqrt{\left( \frac{Kt \times M}{S'n} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Diketahui nilai  $Kt = 1,5$  dan  $M$  merupakan momen yang bekerja pada shaft atau silinder  $N$  merupakan factor safety ,sedangkan nilai  $S'n$  belum diketahui oleh karna itu dilakukan pencarian terhadap nilai  $S'n$ .  $S'n$  dapat di cari dengan rumus berikut:

$$S'n = S_N \times C_N \times C_R$$

$$S'n = 80931,1 \times 0,758 \times 0,81$$

$$S'n = 80932,67 \text{ Psi}$$

Selanjutnya mencari diameter pada setiap momen pada shaft.

Diameter pada momen F1

$$D = \left[ \frac{32 \times 2}{3,14} \sqrt{\left( \frac{1,5 \times 1342,03}{80932,67} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \sqrt{(0,02487)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times \sqrt{0,000619} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times 0,02487 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 0,7974 \text{ in}$$

$$D = 20,253 \text{ mm}$$

Diameter pada momen F2

$$D = \left[ \frac{32 \times 2}{3,14} \sqrt{\left( \frac{1,5 \times 39329,99}{80932,67} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \sqrt{(0,63627)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times \sqrt{0,40484} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times 0,63627 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 2,3494 \text{ in}$$

$$D = 59,676 \text{ mm}$$

Diameter pada momen F3

$$D = \left[ \frac{32 \times 2}{3,14} \sqrt{\left( \frac{1,5 \times 39329,99}{80932,67} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \sqrt{(0,63627)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times \sqrt{0,40484} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times 0,63627 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 2,3494 \text{ in}$$

$$D = 59,676 \text{ mm}$$

Diameter pada momen F4

$$D = \left[ \frac{32 \times 2}{3,14} \sqrt{\left( \frac{1,5 \times 1342,03}{80932,67} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \sqrt{(0,02487)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times \sqrt{0,000619} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times 0,02487 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 0,7974 \text{ in}$$

$$D = 20,253 \text{ mm}$$

Perhitungan diatas merupakan perhitungan dengan kecepatan arus 2,4 m/s dengan gaya drag force 30,34742 N. dan untuk hasil perhitungan selanjutnya akan dilampirkan dalam table resume sebagai berikut:

- Pada kecepatan arus 3,5 dengan gaya drag force sebesar 64,54095 N

No	Keterangan	Hasil
1	Reaksi RBV	152,91 N
2	Reaksi RAV	217,453 N
3	Reaksi RC1	83,39 N
4	Reaksi RD1	83,39 N
5	Momen FRB1	36,06 N
6	Momen FRB2	36,06 N
7	Reaksi RCV	9262,54 N
8	Reaksi RDV	9262,54 N
9	Momen F1	1342,03 lb.in
10	Momen F4	1342,03 lb.in
11	Momen F2	34331,14 lb.in

12	Momen F3	34331,14 lb.in
13	Diameter shaft silinder F1	20,25 mm
14	Diameter shaft silinder F2	59,68 mm
15	Diameter shaft silinder F3	59,68 mm
16	Diameter shaft silinder F4	20,25 mm

- Pada kecepatan arus 4,5 dengan gaya drag force sebesar 64,54095 N

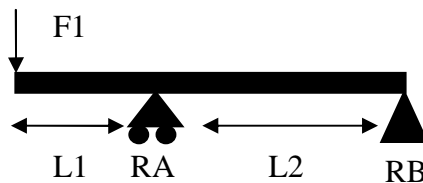
No	Keterangan	Hasil
1	Reaksi RBV	252,77 N
2	Reaksi RAV	359,464 N
3	Reaksi RC1	137,84 N
4	Reaksi RD1	137,84 N
5	Momen FRB1	59,62 N
6	Momen FRB2	59,62 N
7	Reaksi RCV	9262,54 N
8	Reaksi RDV	9262,54 N
9	Momen F1	1342,03 lb.in
10	Momen F4	1342,03 lb.in
11	Momen F2	34333,71 lb.in
12	Momen F3	34333,71 lb.in
13	Diameter shaft silinder F1	20,25 mm
14	Diameter shaft silinder F2	59,68 mm
15	Diameter shaft silinder F3	59,68 mm
16	Diameter shaft silinder F4	20,25 mm

- Pada kecepatan arus 5,5 dengan gaya drag force sebesar 64,54095 N

No	Keterangan	Hasil
1	Reaksi RBV	365,605 N
2	Reaksi RAV	519,92 N
3	Reaksi RC1	199,38 N
4	Reaksi RD1	199,38 N
5	Momen FRB1	86,23 N
6	Momen FRB2	86,23 N
7	Reaksi RCV	9262,54 N

8	Reaksi RDV	9262,54 N
9	Momen F1	1342,03 lb.in
10	Momen F4	1342,03 lb.in
11	Momen F2	34333,71 lb.in
12	Momen F3	34333,71 lb.in
13	Diameter shaft silinder F1	20,25 mm
14	Diameter shaft silinder F2	59,68 mm
15	Diameter shaft silinder F3	59,68 mm
16	Diameter shaft silinder F4	20,25 mm

- Perhitungan diameter dan reaksi pada penyangga frame poros utama pada saat beroperasi.
- Mencari reaksi yang terdapat pada tumpuan RB dan RA



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $F1 = 17234 \text{ N}$ ,  $L1 = 0.055 \text{ m}$ ,  $L2 = 1,465 \text{ m}$ .

$$\sum M_{RA} = 0$$

$$- (RBV \times L2) + (F1 \times L1) = 0$$

$$RBV = \frac{(F1 \times L1)}{L2}$$

$$RBV = \frac{(17234 \times 0,055)}{1,465}$$

$$RBV = 647,037 \text{ N}$$

Dikarnakan memiliki 2 tumpuan maka hasil reaksi dibagi dua jadi setaiap tumpuan menerima reaksi 323,518 N

$$\sum M_{RB} = 0$$

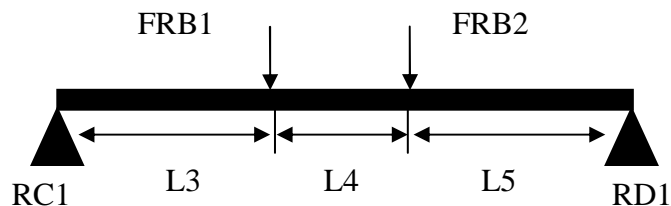
$$(F1 \times (L1 + L2)) - (RAV \times L2)$$

$$RAV = \frac{(F1 \times (L1 + L2))}{L2}$$

$$RAV = \frac{(26196,74)}{1,465}$$

$$RAV = 17881,74 \text{ N}$$

- Mencari reaksi pada RC1 dan RD1



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $FRB1 = 352,85 \text{ N}$ ,  $FRB2 = 352,85 \text{ N}$ .  $L3 = 0,43 \text{ m}$ ,  $L4 = 0,13 \text{ m}$ ,  $L5 = 0,43 \text{ m}$ .

$$\sum MRC1 = 0$$

$$(FB1 \times L3) + (FB2 \times (L3 + L4)) - (RDV1 \times (L3 + L4 + L5))$$

$$RDV1 = \frac{((FB1 \times L3) + (FB2 \times (L3 + L4)))}{(L5 + L4 + L3)}$$

$$RDV1 = \frac{(139,921 + 181,1702)}{0,91}$$

$$RDV1 = 352,85 \text{ N}$$

$$\sum MRD1 = 0$$

$$(FB2 \times L5) + (FB1 \times (L5 + L4)) - (RCV1 \times (L5 + L4 + L3))$$

$$RCV1 = \frac{(FB2 \times L5) + (FB1 \times (L5 + L4))}{(L5 + L4 + L3)}$$

$$RCV1 = \frac{(139,921 + 181,1702)}{0,91}$$

$$RCV1 = 352,85 \text{ N}$$

- Mencari Momen pada FRB1 dan FRB 2

Momen pada FRB1





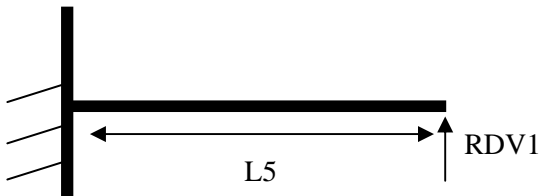
Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $RCV2= 352,85 \text{ N}$ ,  $L3= 0,43 \text{ m}$ .

$$\sum MFRB1 = RCV \times L1$$

$$\sum MFRB1 = 152,61 \text{ Nm}$$

$$\sum MFRB1 = 1350,7 \text{ lb.in}$$

Momen pada FRB1



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $RDV2= 352,85 \text{ N}$ ,  $L5= 0,43 \text{ m}$ .

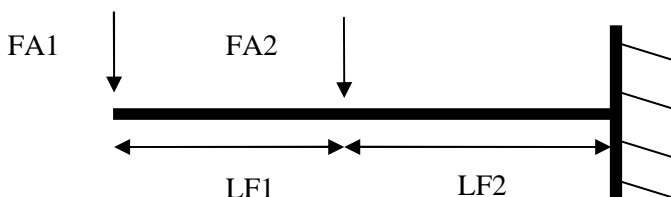
$$\sum MFRB2 = RDV \times L5$$

$$\sum MFRB2 = 152,61 \text{ Nm}$$

$$\sum MFRB1 = 1350,7 \text{ lb.in}$$

- Mencari momen F1 dan F4 terhadap Shaft silinder

Mencari momen F1



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $FA1= 529,4 \text{ N}$ ,  $FA2=115,81 \text{ N}$ ,  $LF1= 0,325 \text{ m}$ ,  $LF2 = 0,405 \text{ m}$ .

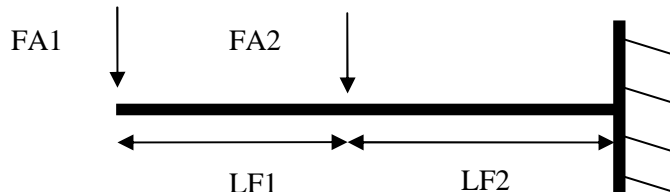
$$\sum MF1 = (FA2 \times LF2) + (FA1 \times (LF1 + LF2))$$

$$\sum MF1 = 46,903 \times 386,462$$

$$\sum MF1 = 433,3651 \text{ NM}$$

$$\sum MF1 = 3835,7 \text{ lb.in}$$

Mencari momen F4



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $FA1 = 529,4 \text{ N}$ ,  $FA2 = 115,81 \text{ N}$ ,  $LF1 = 0,325 \text{ m}$ ,  $LF2 = 0,405 \text{ m}$ .

$$\sum MF1 = (FA2 \times LF2) + (FA1 \times (LF1 + LF2))$$

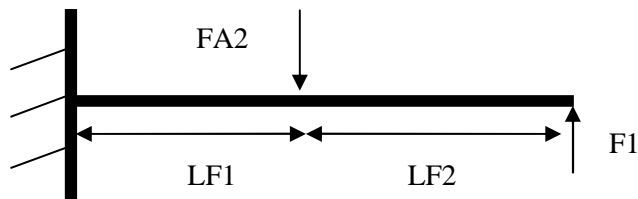
$$\sum MF1 = 46,903 \times 386,462$$

$$\sum MF1 = 433,3651 \text{ NM}$$

$$\sum MF1 = 3835,7 \text{ lb.in}$$

- Mencari reaksi di F1 dan F4

Mencari reaksi di F1



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $FA2 = 115,81 \text{ N}$ ,  $LF1 = 0,325 \text{ m}$ ,  $LF2 = 0,405 \text{ m}$ .

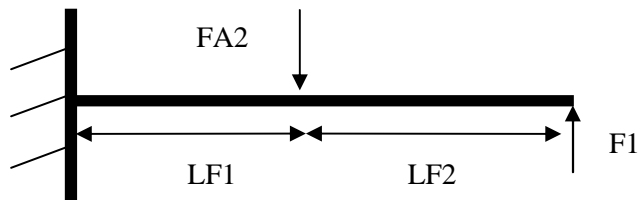
$$\sum MFA1 = 0$$

$$(FA2 \times L1) - (F1 \times (L2 + L1))$$

$$F1 = (FA2 \times L1) / (L2 + L1)$$

$$F1 = 37,64 / 0,73$$

Mencari reaksi di F2



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $FA2 = 115,81 \text{ N}$ ,  $LF1 = 0,325 \text{ m}$ ,  $LF2 = 0,405 \text{ m}$ .

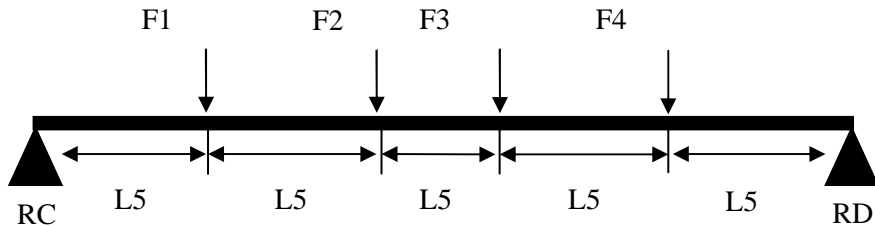
$$\sum MFA1 = 0$$

$$(FA2 \times L1) - (F1 \times (L2 + L1))$$

$$F1 = (FA2 \times L1) / (L2 + L1)$$

$$F1 = 37,64 / 0,73$$

- Mencari reaksi pada RC dan RD



Dimana pada bagian ini diketahui untuk  $F1 = 645,21 \text{ N}$ ,  $F2 = 8617,33 \text{ N}$ ,  $F3 = 8617,33 \text{ N}$ ,  $F4 = 645,21 \text{ N}$ ,  $L1 = 0,235 \text{ m}$ ,  $L2 = 0,197 \text{ m}$ ,  $L3 = 0,135 \text{ m}$ ,  $L4 = 0,197 \text{ m}$ ,  $L5 = 0,235 \text{ m}$ .

Mencari reaksi pada RC dan RD

$$\sum MRC = 0$$

$$(F1 \times L1) + (F2 \times (L2 + L1)) + (F3 \times (L1 + L2 + L3)) + (F4 \times (L1 + L2 + L3 + L4)) - (RDV \times (L1 + L2 + L3 + L4 + L5))$$

$$RDV = (F1 \times L1) + (F2 \times (L2 + L1)) + (F3 \times (L1 + L2 + L3)) + (F4 \times (L1 + L2 + L3 + L4)) / (L1 + L2 + L3 + L4 + L5)$$

$$RDV = (12,12 + 139,92 + 183,6 + 39,44) / 1$$

$$RDV = 375,1 / 1$$

$$RDV = 375,1 \text{ N}$$

$$\sum MRD = 0$$

$$(F4 \times L5) + (F3 \times (L5 + L4)) + (F2 \times (L5 + L4 + L3)) + (F1 \times (L5 + L4 + L3 + L2)) - (RCV \times (L5 + L4 + L3 + L2 + L1))$$

$$RCV = (F4 \times L5) + (F3 \times (L5 + L4)) + (F2 \times (L5 + L4 + L3)) + (F1 \times (L5 + L4 + L3 + L2)) / (L1 + L2 + L3 + L4 + L5)$$

$$RCV = (12,12 + 139,92 + 183,6 + 39,44) / 1$$

$$RCV = 375,1 / 1$$

$$RCV = 375,1 \text{ N}$$

- Mencari diameter silinder

Diameter silinder dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \left[ \frac{32 N}{\pi} \sqrt{\left( \frac{Kt \times M}{S'n} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Diketahui nilai  $Kt = 1,5$  dan  $M$  merupakan momen yang bekerja pada shaft atau silinder  $N$  merupakan factor safety, sedangkan nilai  $S'n$

belum diketahui oleh karna itu dilakukan pencarian terhadap nilai S'n.  
S'n dapat di cari dengan rumus berikut:

$$S'n = S_N \times C_N \times C_R$$

$$S'n = 80931,1 \times 0,758 \times 0,81$$

$$S'n = 80932,67 \text{ Psi}$$

Selanjutnya mencari diameter pada setiap momen pada shaft.

Diameter pada momen F1

$$D = \left[ \frac{32 \times 2}{3,14} \sqrt{\left( \frac{1,5 \times 3835,7}{80932,67} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \sqrt{(0,071091)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times \sqrt{0,0050539} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = [20,38 \times 0,071091]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 1,1316 \text{ in}$$

$$D = 28,742 \text{ mm}$$

Diameter pada momen F2

$$D = \left[ \frac{32 \times 2}{3,14} \sqrt{\left( \frac{1,5 \times 1350,7}{80932,67} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \sqrt{(0,025034)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times \sqrt{0,0006267} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = [20,38 \times 0,025034]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 0,5103 \text{ in}$$

$$D = 12,96 \text{ mm}$$

Diameter pada momen F3

$$D = \left[ \frac{32 \times 2}{3,14} \sqrt{\left( \frac{1,5 \times 1350,7}{80932,67} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \sqrt{(0,025034)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times \sqrt{0,0006267} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = [20,38 \times 0,025034]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 0,5103 \text{ in}$$

$$D = 12,96 \text{ mm}$$

Diameter pada momen F4

$$D = \left[ \frac{32 \times 2}{3,14} \sqrt{\left( \frac{1,5 \times 3835,7}{80932,67} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \sqrt{(0,071091)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ 20,38 \times \sqrt{0,0050539} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = [20,38 \times 0,071091]^{\frac{1}{3}}$$

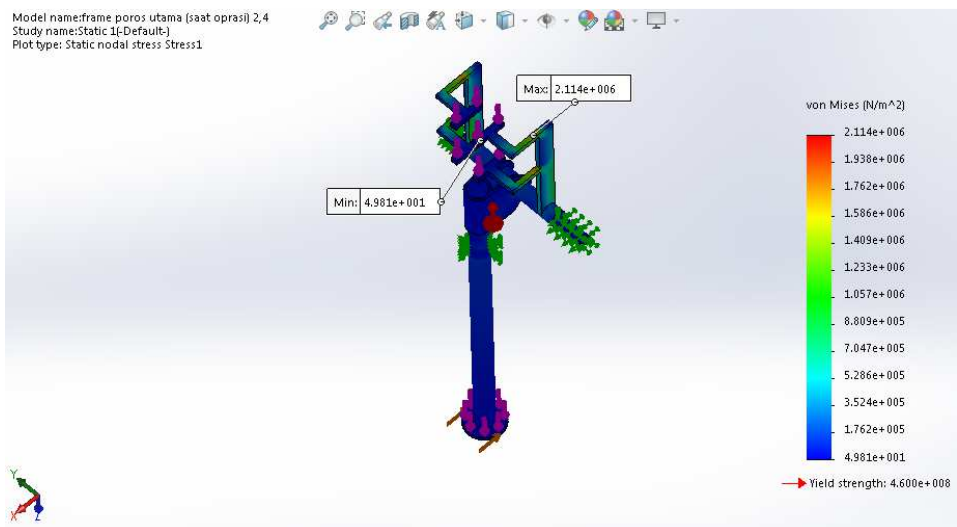
$$D = 1,1316 \text{ in}$$

$$D = 28,742 \text{ mm}$$

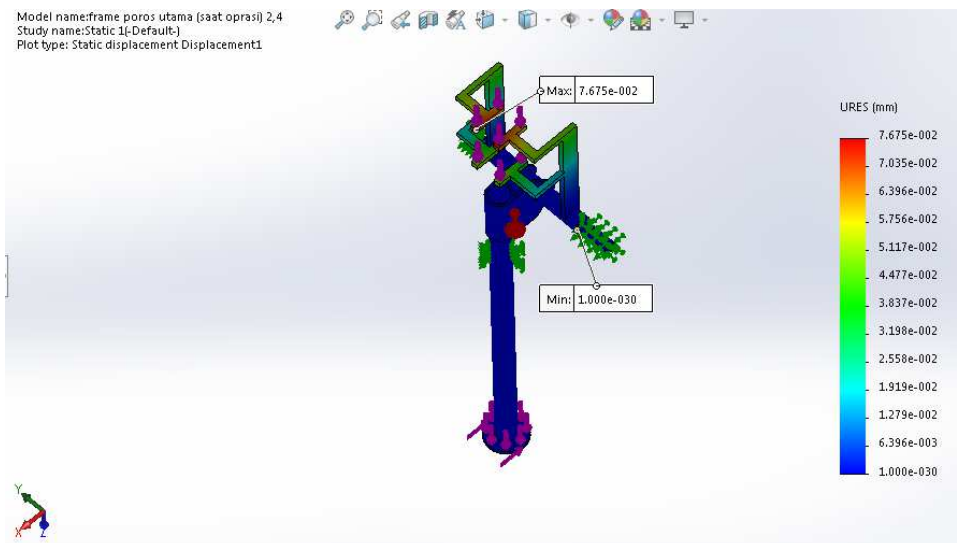
Dari perhitungan frame poros utama diatas dapat ditentukan diameter dan reaksi untuk penyangga frame poros utama dengan diameter minimum sebesar 59,68 mm dengan reaksi pada RCv dan RDV sebesar 9262,54 N.

#### 4.5.3.1 pada saat oprasi

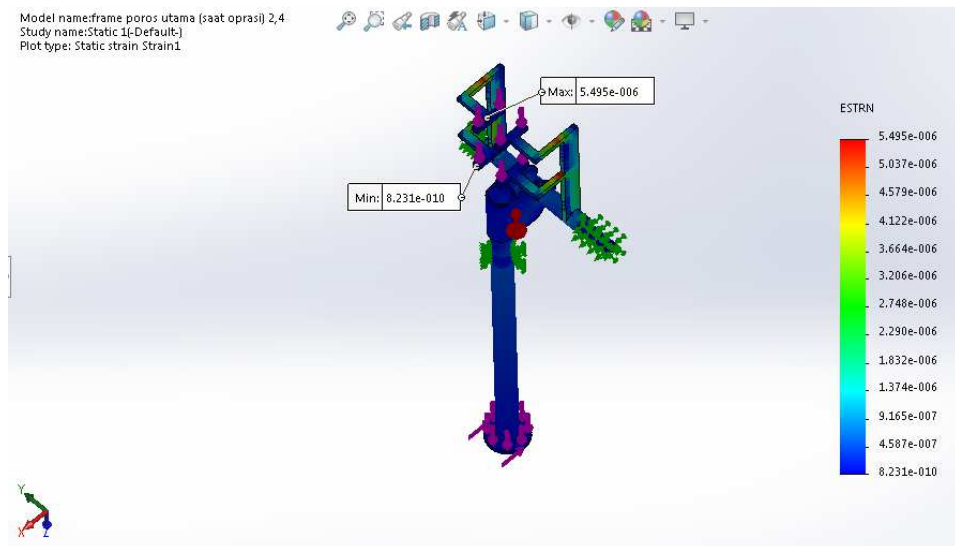
Pada Frame Poros Utama ini akan menerima beban berat keseluruhan turbin selain beban berat dari komponen (generator dan gearbox), drag force kearah horizontal pada turbin, serta gaya berat frame poros itu sendiri. dimana berat keseluruhan turbin yaitu sebesar 17234,7 N, Berat generator yaitu 1058.82 N, berat gearbox yaitu 231.62 N dan gaya drag force sebesar 47.42 N (pada kecepatan arus 2,4) berikut adalah hasil simulasinya,



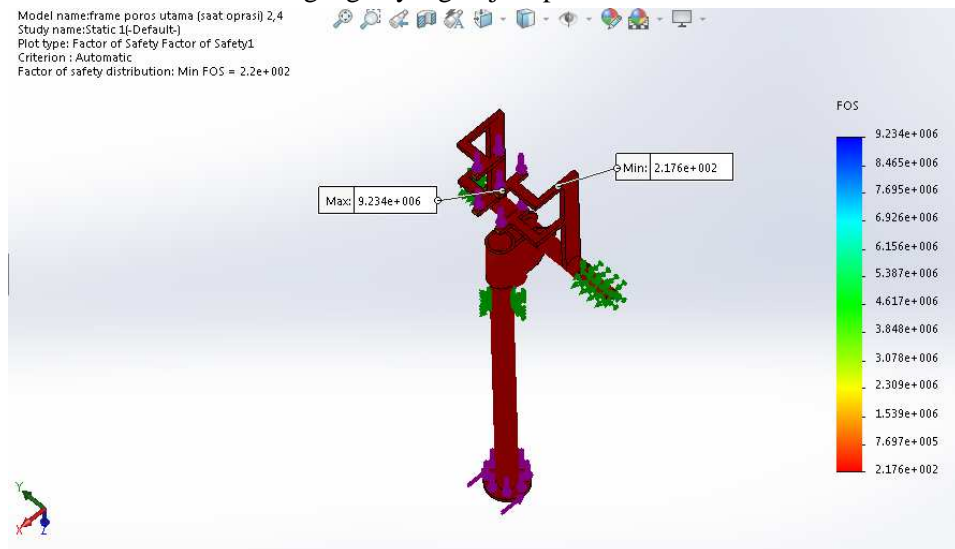
Gambar 4.43 Tegangan yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.44 Displasment yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.45 regangan yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.46 factor of safety distribution pada frame poros utama

Berdasarkan simulasi, didapatkan tahanan maksimum yang muncul sebesar  $2.114 \cdot 10^6$  pascal, displacement maksimum  $7.675 \cdot 10^{-2}$  mm dan regangan maksimum  $5,495 \cdot 10^{-6}$ , FOS maksimum  $9,234 \cdot 10^6$ . Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4,600 \cdot 10^8$  pascal.

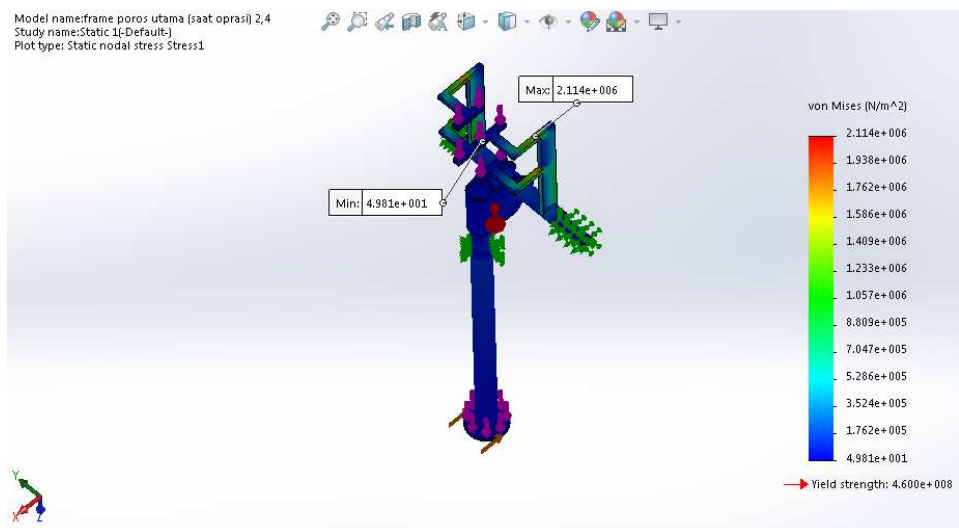
Dari tahanan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada

ABS ‘safehull-Dynamic loading approach’ for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

$$2.114 \cdot 10^6 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

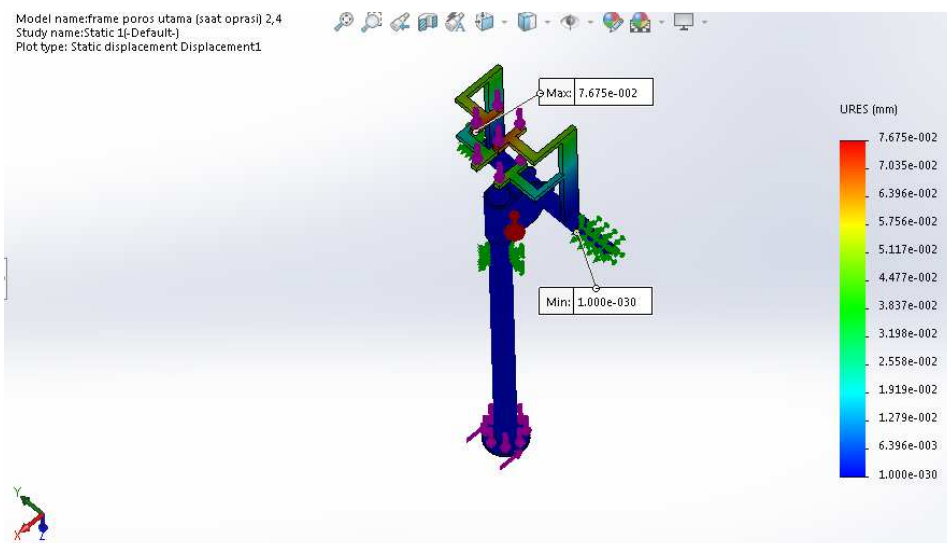
$$2.114 \cdot 10^6 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

- Untuk kecepatan arus 3,5 m/s dengan gaya drag force 64,541 N hasil simulasi sebagai berikut :

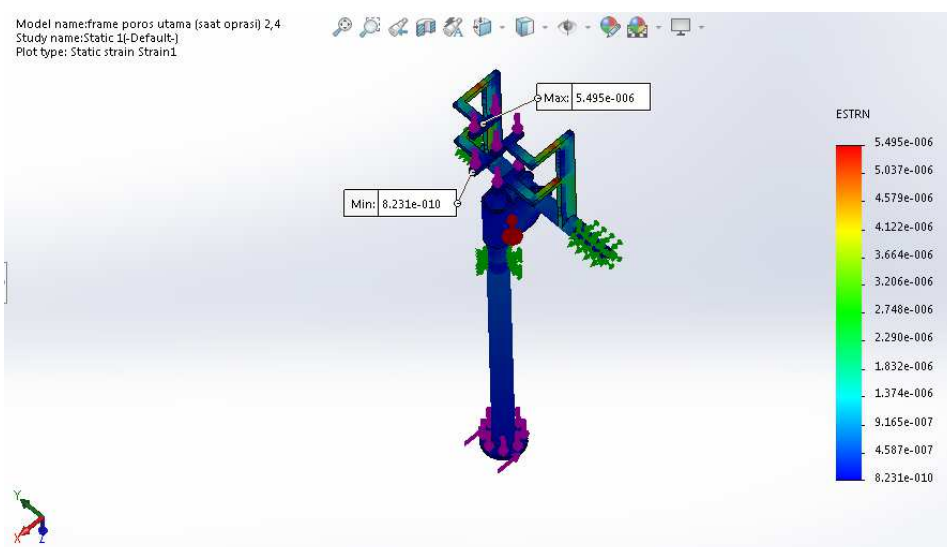


Gambar 4.47 Tegangan yang terjadi pada Frame Poros Utama

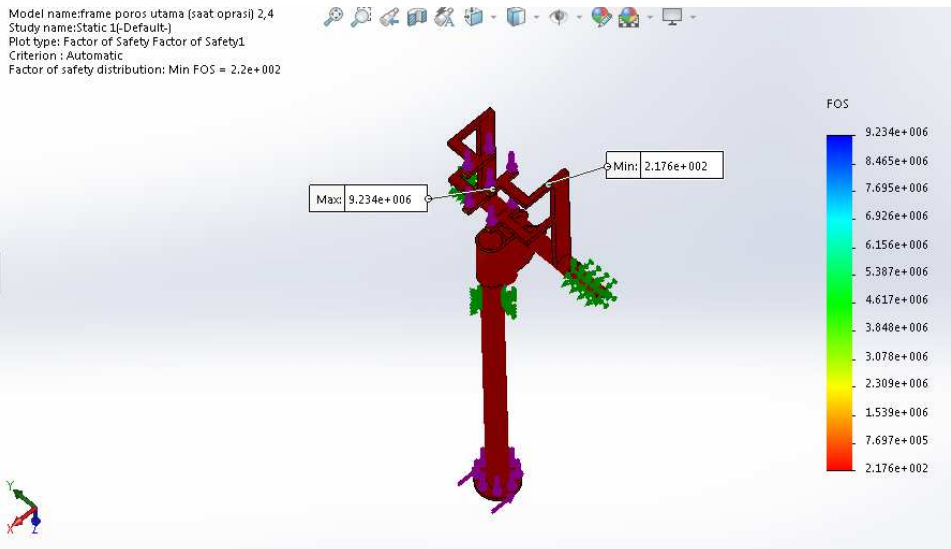




Gambar 4.48 Displasment yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.49 regangan yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.50 factor of safety distribution pada frame poros utama

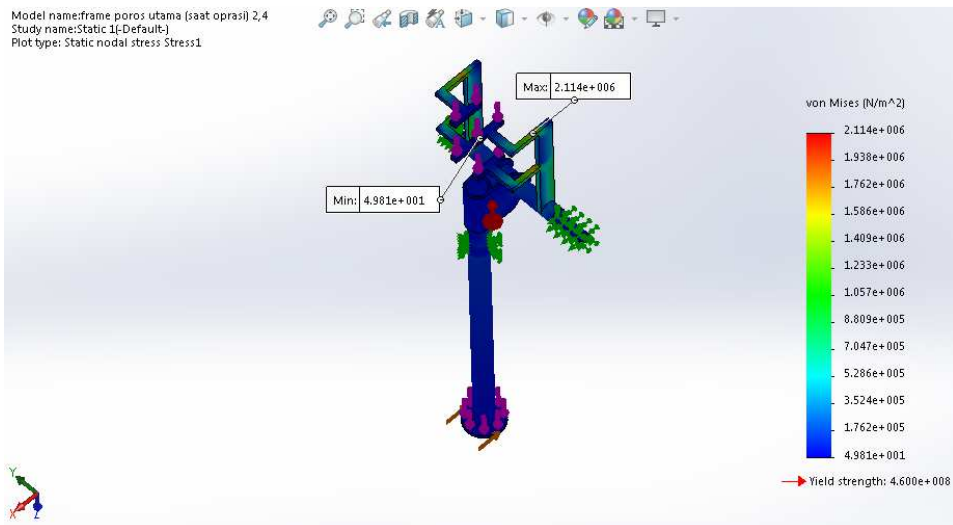
Berdasarkan simulasi, didapatkan tegangan maksimum yang muncul sebesar  $2.114 \cdot 10^6$  pascal, displacement maksimum  $7.675 \cdot 10^{-2}$  mm dan regangan maksimum  $5,495 \cdot 10^{-6}$ , FOS maksimum  $9,234 \cdot 10^6$ . Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4,600 \cdot 10^8$  pascal.

Dari tegangan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada ABS 'safe-hull-Dynamic loading approach' for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

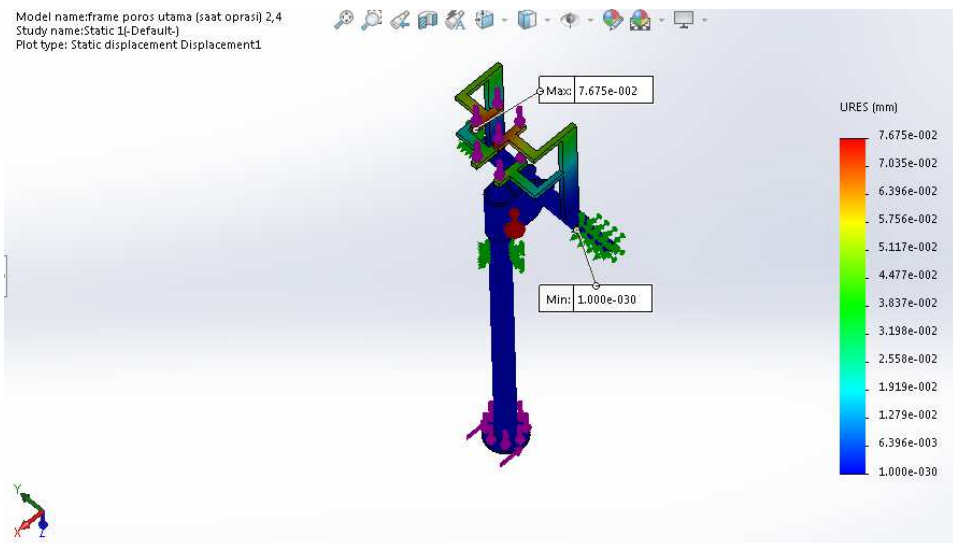
$$2.114 \cdot 10^6 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

$$2.114 \cdot 10^6 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

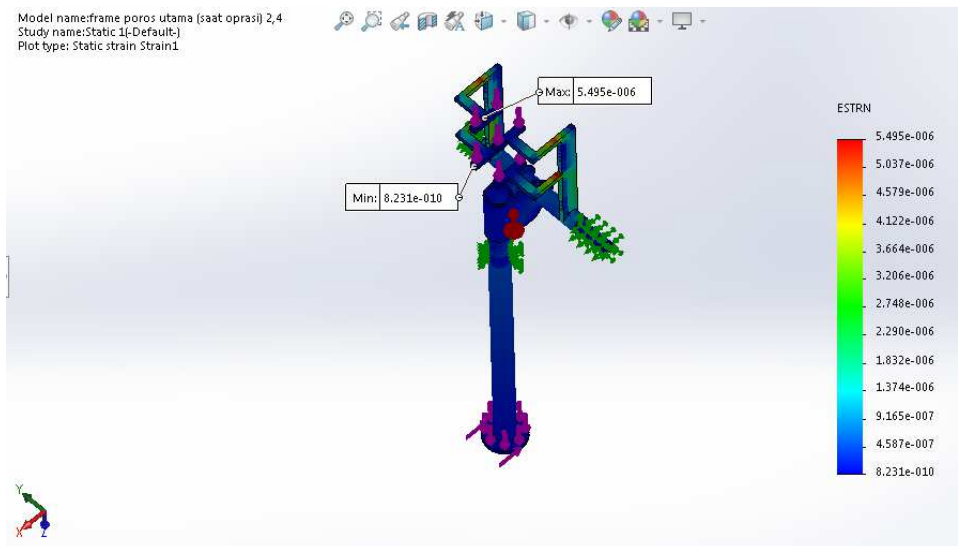
- Untuk kecepatan arus 4,5 m/s dengan gaya drag force 64,541 N hasil simulasi sebagai berikut :



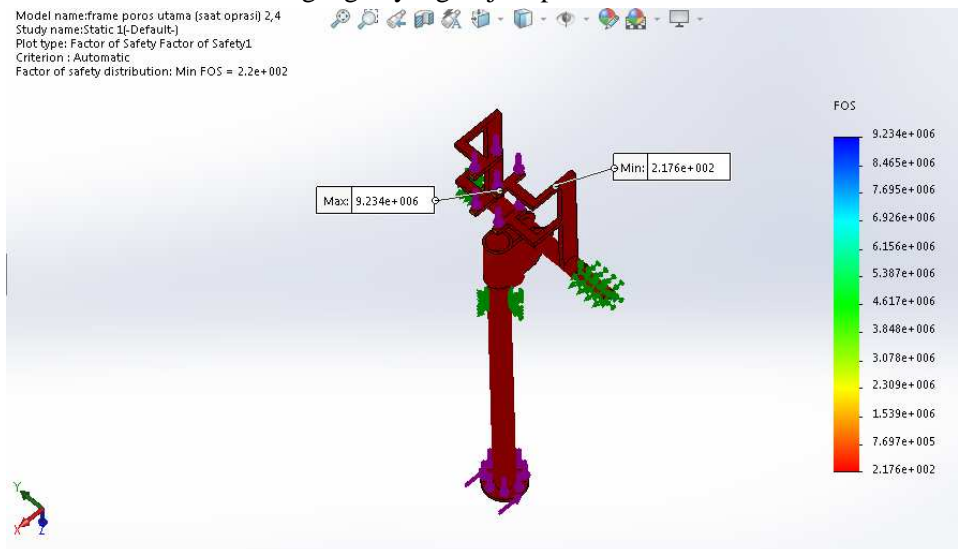
Gambar 4.52 Tegangan yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.53 Displasment yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.54 regangan yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.55 factor of safety distribution pada frame poros utama

Berdasarkan simulasi, didapatkan teggangan maksimum yang muncul sebesar  $2.114 \cdot 10^6$  pascal,displasment maksimum  $7.675 \cdot 10^{-2}$  mm dan regangan maksimum  $5,495 \cdot 10^6$ , FOS maksimum  $9,234 \cdot 10^6$  . Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4,600 \cdot 10^8$  pascal.

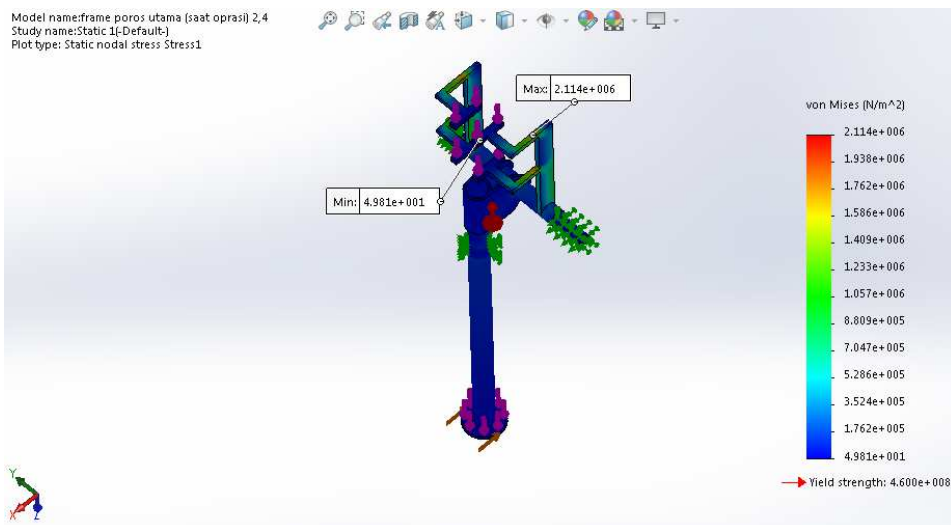
Dari teggangan maksimum yang diperoleh perlu perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada

ABS ‘safehull-Dynamic loading approach’ for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

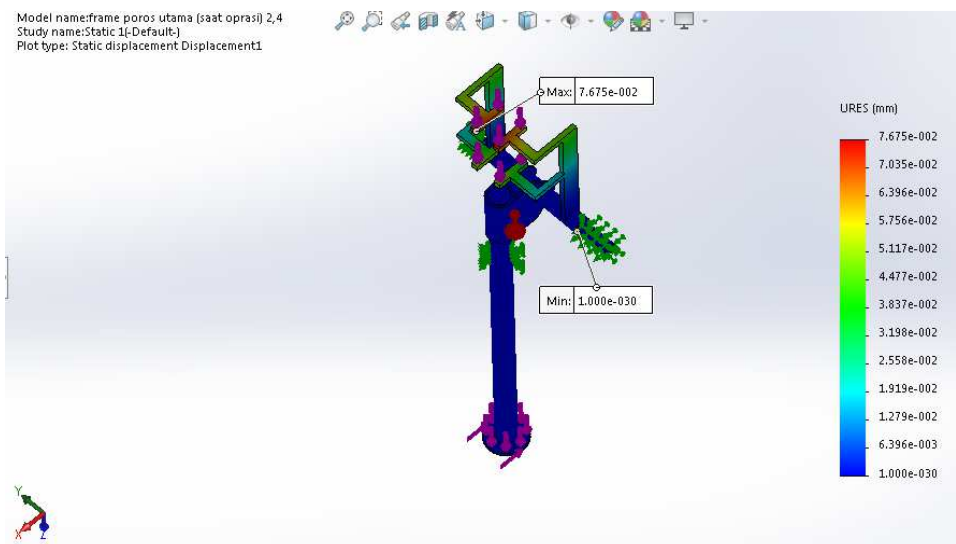
$$2.114 \cdot 10^6 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

$$2.114 \cdot 10^6 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

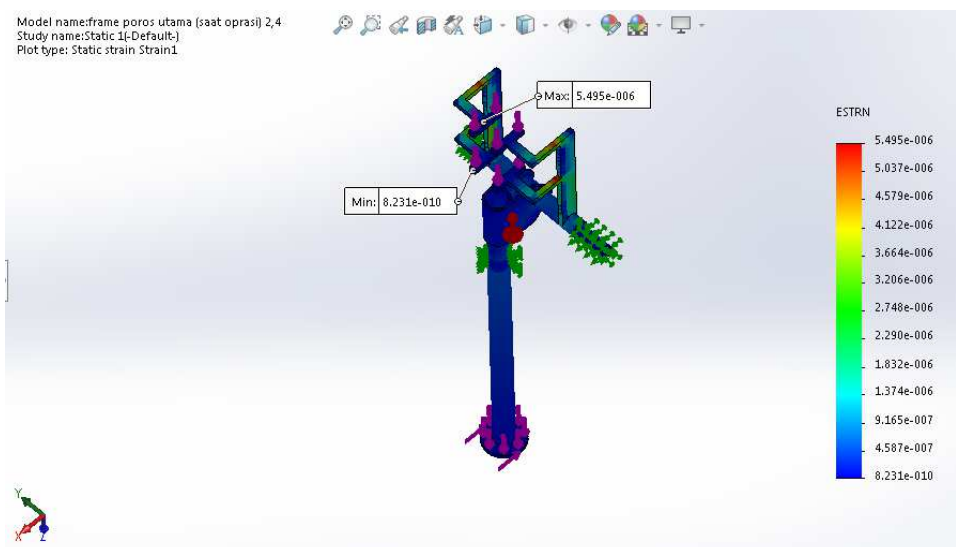
- Untuk kecepatan arus 5,5 m/s dengan gaya drag force 64,541 N. hasil simulasi sebagai berikut :



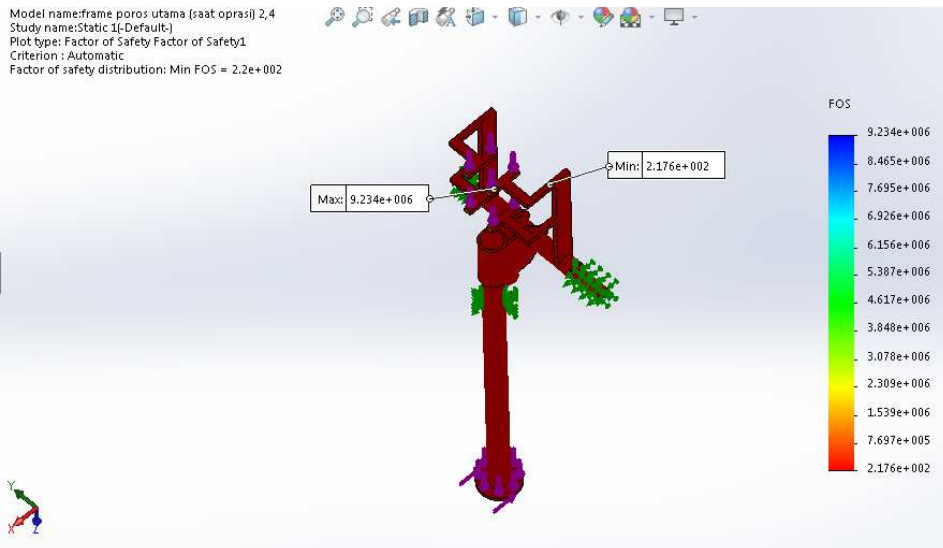
Gambar 4.56 Tegangan yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.57 Displasment yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.58 regangan yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.59 factor of safety distribution pada frame poros utama

Berdasarkan simulasi, didapatkan tegangan maksimum yang muncul sebesar  $2.114 \cdot 10^6$  pascal, displacement maksimum  $7.675 \cdot 10^{-2}$  mm dan regangan maksimum  $5,495 \cdot 10^6$ , FOS maksimum  $9,234 \cdot 10^6$ . Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4,600 \cdot 10^8$  pascal.

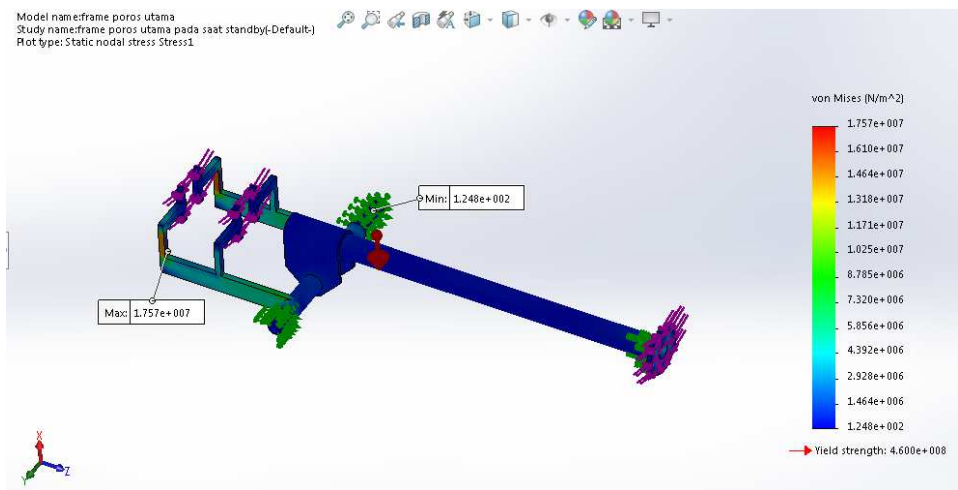
Dari tegangan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada ABS 'safehull-Dynamic loading approach' for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

$$2.114 \cdot 10^6 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

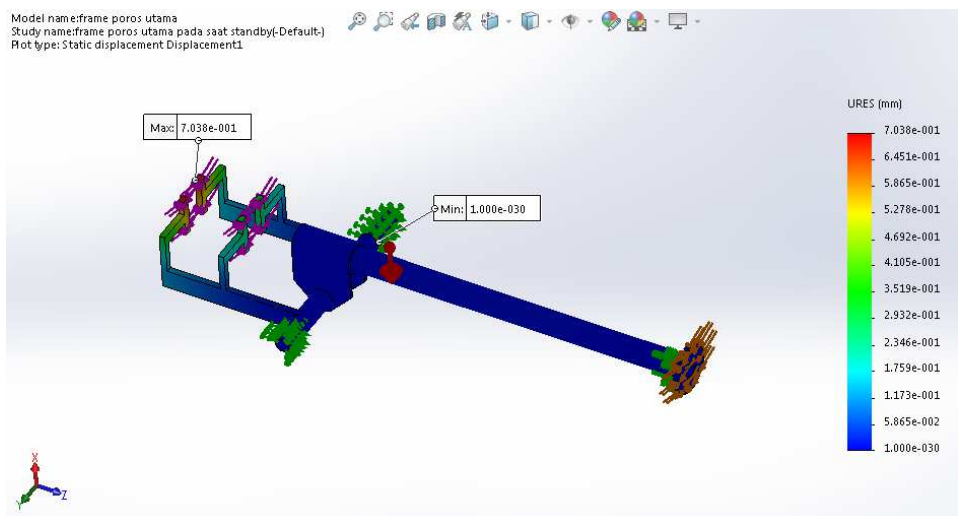
$$2.114 \cdot 10^6 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

#### 4.5.3.2 pada saat tidak beroperasi/standby

Pada Frame Poros Utama ini akan menerima beban berat keseluruhan turbin selain beban berat dari komponen (generator dan gearbox), drag force kearah horizontal pada turbin, serta gaya berat frame poros itu sendiri. dimana berat keseluruhan turbin yaitu sebesar 17234,7 N, Berat generator yaitu 1058.82 N, berat gearbox yaitu 231.62 N berikut adalah hasil simulasinya,

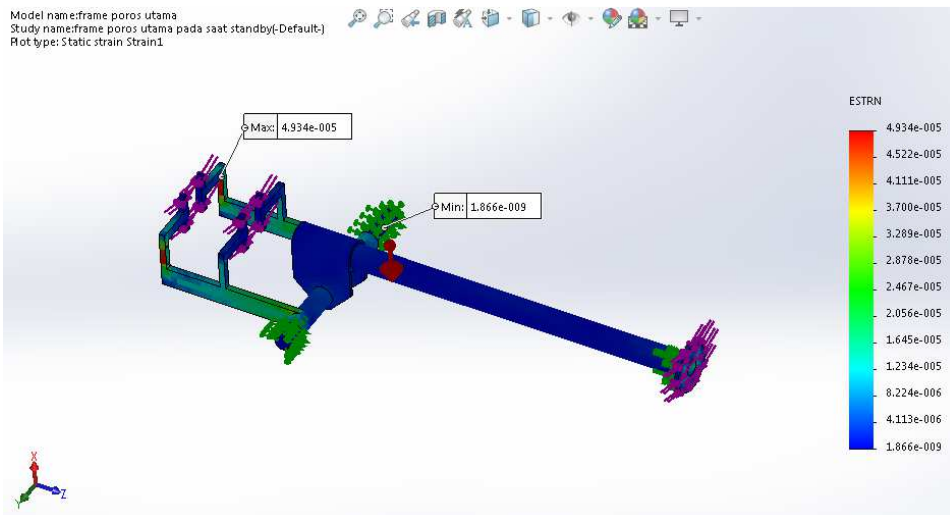


Gambar 4.60 Tegangan yang terjadi pada Frame Poros Utama

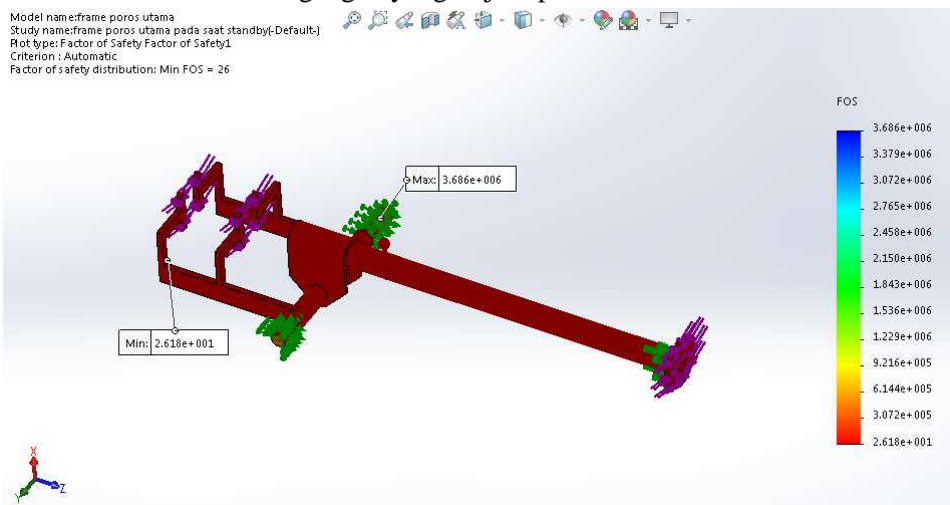


Gambar 4.61 Displasment yang terjadi pada Frame Poros Utama





Gambar 4.62 regangan yang terjadi pada Frame Poros Utama



Gambar 4.63 factor of safety distribution pada frame poros utama

Berdasarkan simulasi, didapatkan tegangan maksimum yang muncul sebesar  $1.757 \cdot 10^7$  pascal, displacement maksimum  $7.038 \cdot 10^{-1}$  mm dan regangan maksimum  $4.934 \cdot 10^{-5}$ , FOS maksimum  $3.686 \cdot 10^6$ . Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4,600 \cdot 10^8$  pascal.

Dari tegangan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada ABS 'safehull-Dynamic loading approach' for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von

mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

$$1.757 \cdot 10^7 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

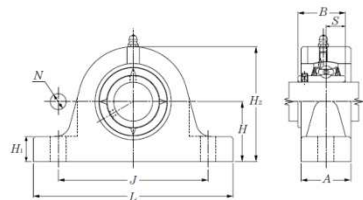
$$1.757 \cdot 10^7 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

#### 4.5.3.2.1. penyangga frame poros utama pada saat standby

sebelum melakukan analisa pada penyangga frame poros utama pada saat standby dilakukan perhitungan gaya yang bekerja pada penyangga terlebih dahulu. penyangga frame poros utama selain menahan beban dari frame poros utama juga menahan beban generator gearbox beserta beban dari turbin oleh sebab itu perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui momen yang bekerja pada penyangga frame poros utama pada saat stand by. berikut adalah perhitungan untuk pembebanan yang akan diterima oleh penyangga.

Setelah didapatkan diameter dari shaft silinder selanjutnya mencari bearing yang cocok untuk penyangga frame poros utama dan didapat sebagai berikut.

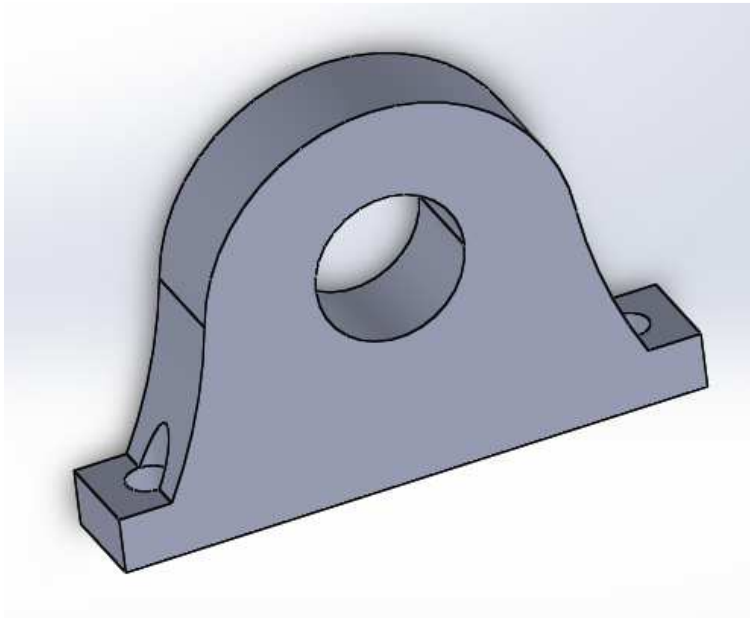
Thick pillow blocks (Steel series)  
Set screw type



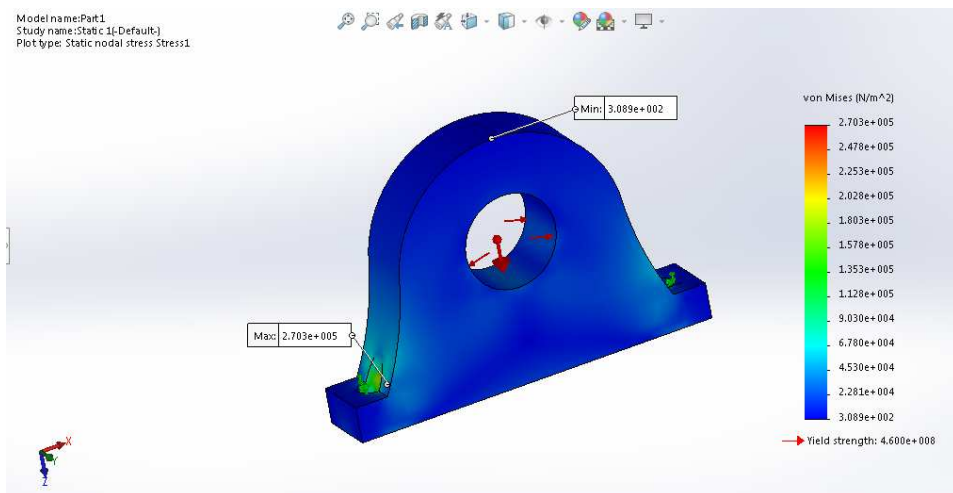
UCIPG3

Shaft dia.  mm	Unit number <sup>1)</sup>	Nominal dimensions									Bolt size  mm	Bearing number
		H	L	J	A	N	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	B	S		
65	UCIPG313D1	110	310	250	70	22	30	208	75	30	M20	UC313D1
70	UCIPG314D1	110	330	270	75	25	35	215	78	33	M22	UC314D1
75	UCIPG315D1	120	340	280	75	25	35	230	82	32	M22	UC315D1
80	UCIPG316D1	120	350	290	85	25	40	235	86	34	M22	UC316D1

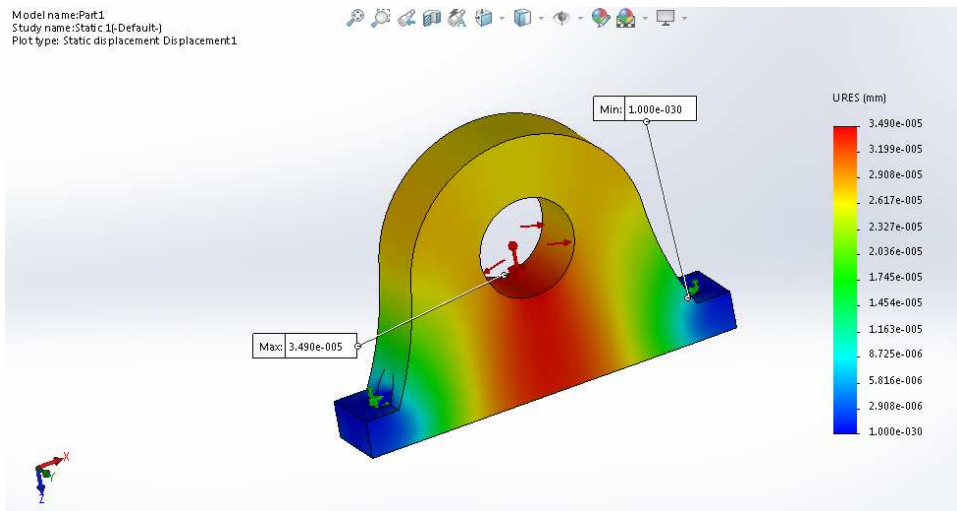
dilakukan penggambaran untuk untuk selanjutnya dilakukan analisa sebagai berikut.



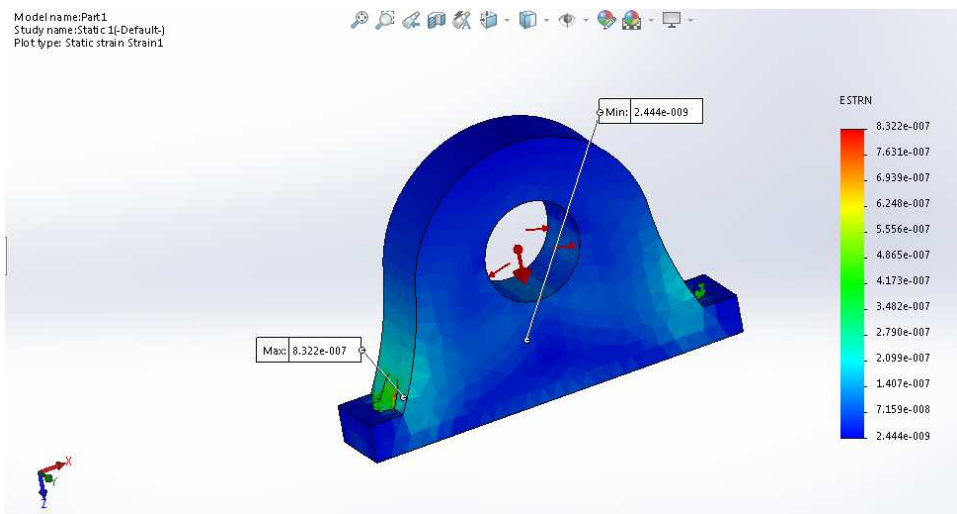
Gambar 4.64 Gambar 4.55 Penyangga frame poros utama saat stand by



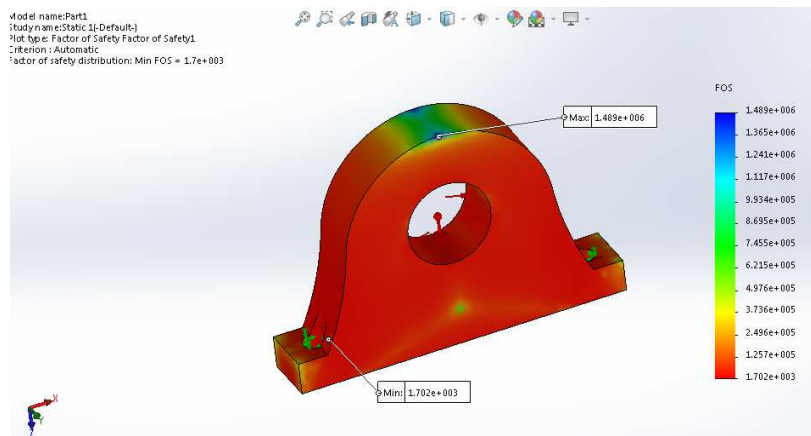
Gambar 4.65 Tegangan yang terjadi pada Penyangga frame poros utama



Gambar 4.66 Displasment yang terjadi pada Penyangga frame poros utama



Gambar 4.67 regangan yang terjadi pada Penyangga frame poros utama



Gambar 4.68 factor of safety distribution pada Penyangga frame poros utama

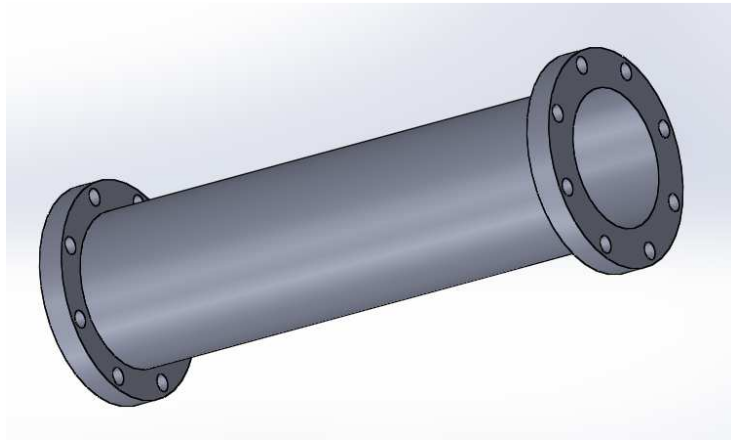
Berdasarkan simulasi, didapatkan tegangan maksimum yang muncul sebesar  $2.703 \cdot 10^5$  pascal, displacement maksimum  $3.490 \cdot 10^{-5}$  mm dan regangan maksimum  $8.322 \cdot 10^{-7}$ , FOS maksimum  $1.485 \cdot 10^6$ . Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4.600 \cdot 10^8$  pascal. Dengan demikian dapat disimpulkan desain aman digunakan.

Dari tegangan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada ABS 'safehull-Dynamic loading approach' for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

$$2.703 \cdot 10^5 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

$$2.703 \cdot 10^5 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

#### 2.5.4. Bushing

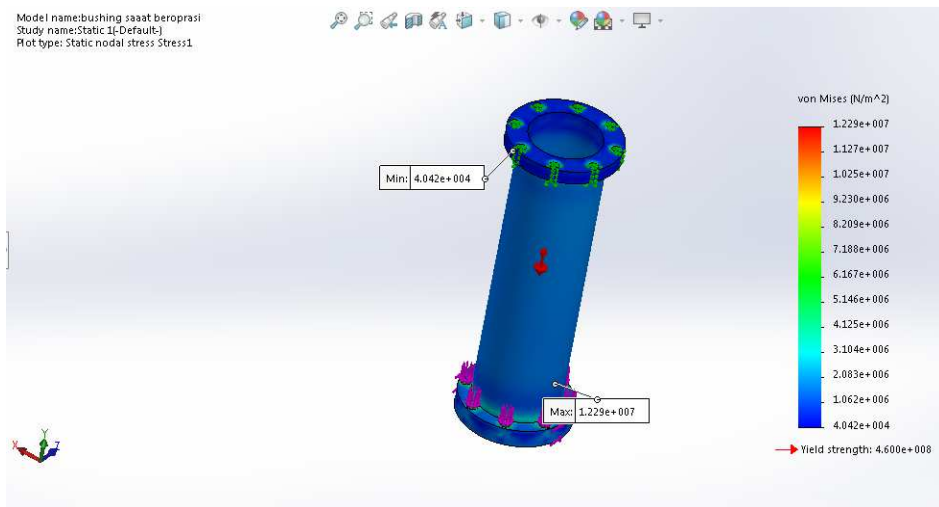


Gambar 4.69 Bushing

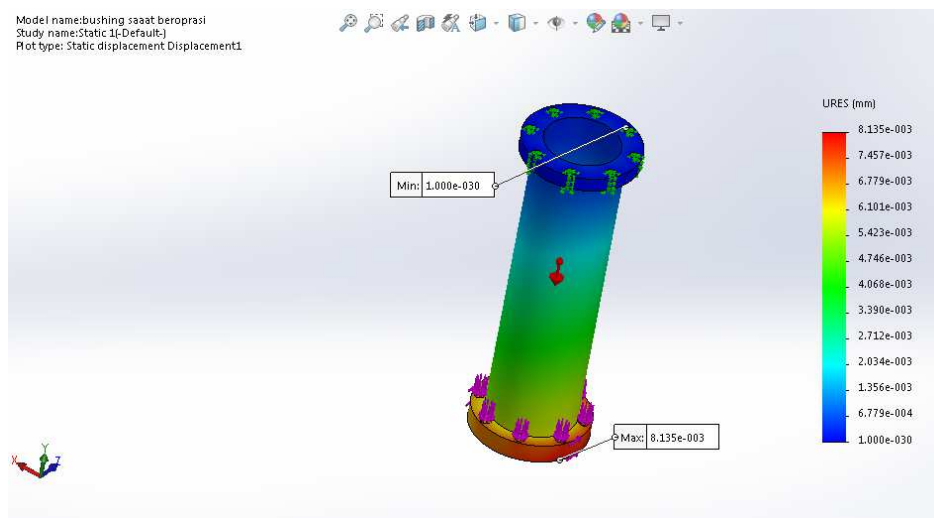
Bhusing pada gambar 4.19 digunakan untuk memperkuat sambungan antara frame utama dengan frame poros, dengan adanya penambahan bushing ini maka beban gravitasi dapat di tahan oleh poros serta bushing secara bersamaan dan akan menyebabkan beban aksial yang di tahan poros dapat dikurangi. Selain daripada itu ketika posisi turbin unloading (horizontal) bushing ini juga membantu agar poros terdefleksi akibat momen bending yang terjadi pada bagian ujung (dekat turbin).

#### 2.5.4.1. Bushing ketika beroperasi

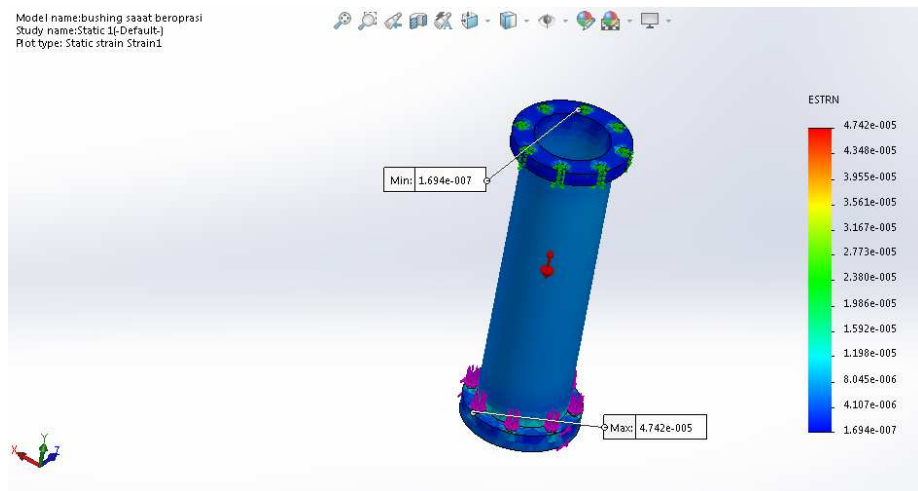
Pada Bhusing ini akan menerima beban drag force dan berat keseluruhan turbin beserta poros yaitu sebesar 12770,21 N dikarenakan adanya penambahan gravitasi yang diakibatkan angin, gelombang dan arus maka harus dikalikan dengan pertambahan percepatan gravitasi sebesar 1,3496 jadi berat turbin beserta dengan poros menjadi 17234,7 N. selanjutnya dilakukan simulasi sebagai berikut:



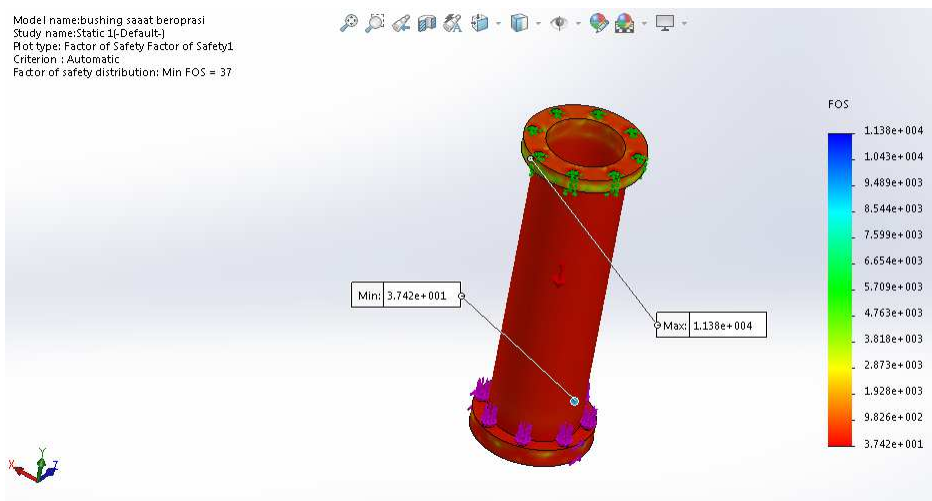
Gambar 4.70 Tegangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas



Gambar 4.71 Displasment yang terjadi pada Pengunci bagian atas



Gambar 4.72 regangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas



Gambar 4.73 factor of safety distribution pada bushing

Berdasarkan simulasi, didapatkan tegangan maksimum yang muncul sebesar  $1.229 \cdot 10^7$  pascal,displasment maksimum  $8.135 \cdot 10^{-3}$  mm dan regangan maksimum  $4.742 \cdot 10^{-5}$ , FOS maksimum  $1.138 \cdot 10^4$  Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4,600 \cdot 10^8$  pascal.

Dari tegangan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada ABS ‘safehull-Dynamic loading approach’ for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui



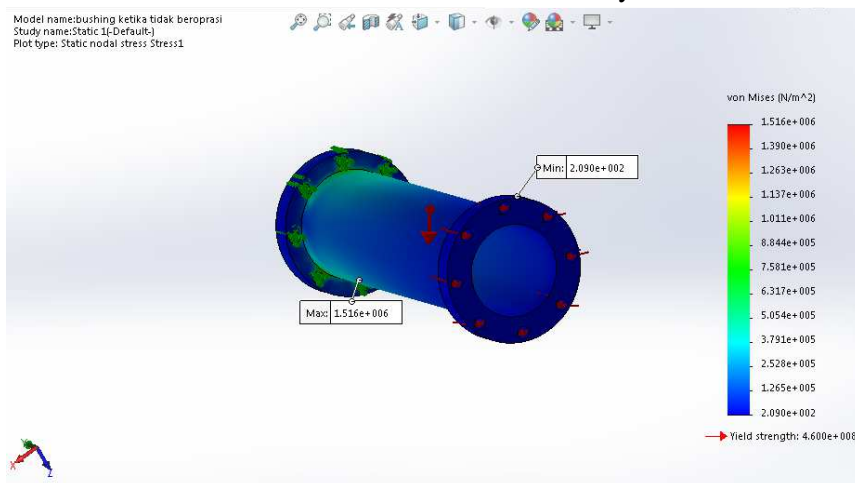
bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

$$1.229 \cdot 10^7 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

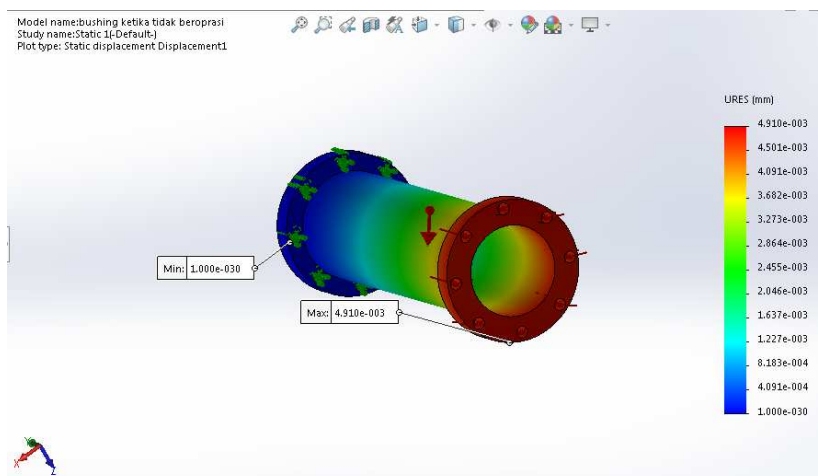
$$1.229 \cdot 10^7 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

#### 2.5.4.2. Bushing ketika tidak beroperasi/stand by

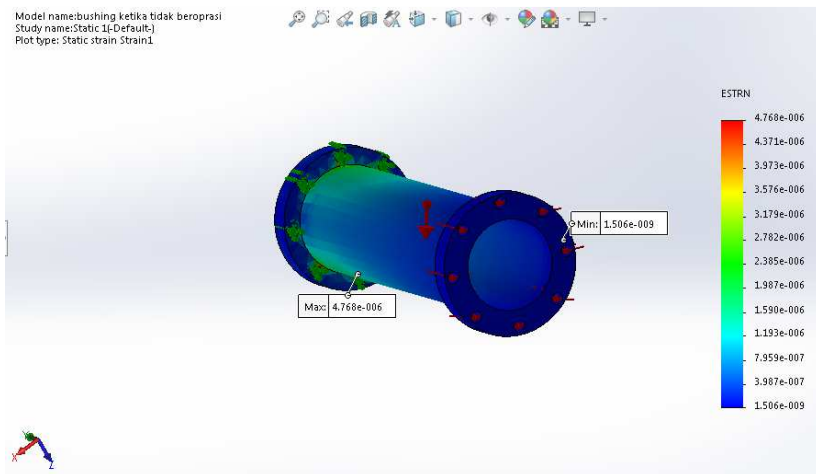
Pada Bhusing ini akan menerima beban berat keseluruhan turbin beserta poros yaitu sebesar 7354.987 N. berikut adalah hasil simulasinya



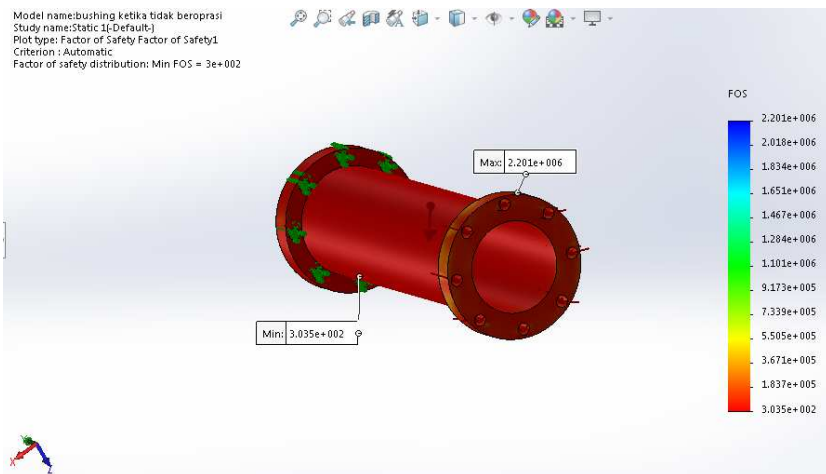
Gambar 4.74 Tegangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas



Gambar 4.75 Displasment yang terjadi pada Pengunci bagian atas



Gambar 4.76 regangan yang terjadi pada Pengunci bagian atas



Gambar 4.78 factor of safety distribution pada bushing

Berdasarkan simulasi, didapatkan tegangan maksimum yang muncul sebesar  $1.516 \cdot 10^6$  pascal,displasment maksimum  $4.910 \cdot 10^{-3}$  mm dan regangan maksimum  $4.768 \cdot 10^{-6}$ , FOS maksimum  $2.201 \cdot 10^6$  Untuk material AISI 4130, yield strength nya sebesar  $4,6 \cdot 10^8$  pascal.

Dari tegangan maksimum yang diperoleh perlu dilakukan standarisasi untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima beban. Mengacu pada ABS 'safehull-Dynamic loading approch' for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) System(2001), Dijelaskan bahwa tegangan maksimum von mises harus lebih kecil sama dengan 70% tegangan yield strength. Diketahui

bahwa material yang digunakan adalah AISI 4130 nilai yield strength untuk material tersebut adalah  $4.600 \cdot 10^8$ , maka:[13]

$$1.516 \cdot 10^6 \leq 0,7 \times 4.600 \cdot 10^8$$

$$1.516 \cdot 10^6 \leq 3.22 \cdot 10^7 \text{ (memenuhi)}$$

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil analisa kekuatan yang dilakukan terhadap struktur mekanisme penahan atau stopper pada saat oprasi atau non oprasi, dapat disimpulkan bahwa:

1. Amplitudo RAO tertinggi pada Floating platform PLTAL didapat sebagai berikut
  - Pada gerak surge amplitude tertinggi pada arah Heading  $0^\circ$  yaitu 0.973 m/m terjadi pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec.
  - Pada gerak Sway amplitude tertinggi pada arah Heading  $n\ 90^\circ$  yaitu 0.992 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 0.1 rad/sec.
  - Pada gerak Heave amplitude tertinggi pada arah Heading  $90^\circ$  yaitu 1.066 m/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.61 rad/sec.
  - Pada gerak Roll amplitude tertinggi pada arah Heading  $90^\circ$  yaitu 32.324deg/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 2 rad/sec.
  - Pada gerak pitch amplitude tertinggi pada Heading  $0^\circ$  yaitu 8.618 deg/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.4 rad/sec.
  - Pada gerak Yaw amplitude tertinggi pada arah Heading  $45^\circ$  yaitu 3.004 deg/m pada frekuensi ( $\omega$ ) 1.6 rad/sec.
2. Tegangan maksimum yang terjadi pada meknisme penahan lengan turbin
  - Tegangan maksimum yang terjadi pada struktur Chuck sebesar  $1.570 \cdot 10^6$  pascal tegangan dan pengunci pada chuck sebesar  $2.450 \cdot 10^5$  pascal tegangan dianggap aman karena tegangan yang terjadi kurang dari presentase tegangan izin dari material struktur yaitu  $\sigma_{actual} \leq 3.22 \cdot 10^7$ .
  - Tegangan maksimum yang terjadi pada struktur pengunci ada bagian atas sebesar  $7.145 \cdot 10^6$  pascal dan tegangan pengunci pada strukturt pengunci sebesar  $1.823 \cdot 10^7$  tegangan tersebut dianggap aman karena tegangan yang terjadi kurang dari presentase tegangan izin dari material struktur yaitu  $\sigma_{actua} \leq 3.22 \cdot 10^7$ .
  - Tegangan maksimum yang terjadi pada struktur Frame poros utama. Pada frame poros utama ini di bagi menjai 2 yaitu pada

saat beroperasi dan pada saat stand by. Pada saat beroperasi divariasikan menjadi 4 dengan gaya tarik force yang berbeda namun memiliki hasil tegangan maksimum dan minimum yang sama dan pada tempat yang sama. tegangan maksimum yang terjadi sebesar  $2.114 \cdot 10^6$  pascal dan pada saat stand by sebesar  $1.757 \cdot 10^7$  tegangan tersebut dianggap aman karena tegangan yang terjadi kurang dari presentase tegangan izin dari material struktur yaitu  $\sigma_{actual} \leq 3.22 \cdot 10^7$ .

- Tegangan maksimum yang terjadi pada struktur Penyangga Frame poros utama. Pada penyangga frame poros utama ini tegangan maksimum yang terjadi sebesar  $2.703 \cdot 10^5$  pascal tegangan tersebut dianggap aman karena tegangan yang terjadi kurang dari presentase tegangan izin dari material struktur yaitu  $\sigma_{actual} \leq 3.22 \cdot 10^7$
- Tegangan maksimum yang terjadi pada struktur Bushing. Pada bushing ini di bagi menjadi 2 yaitu pada saat beroperasi dan pada saat stand by. Pada saat beroperasi tegangan maksimum yang terjadi sebesar  $1.229 \cdot 10^7$  pascal dan pada saat stand by sebesar  $1.516 \cdot 10^6$  tegangan tersebut dianggap aman karena tegangan yang terjadi kurang dari presentase tegangan izin dari material struktur yaitu  $\sigma_{actual} \leq 3.22 \cdot 10^7$

## 5.2. Saran

Saran yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dalam menentukan desain konstruksi kapal agar dapat mengetahui kualitas dan kuantitas yang baik untuk di produksi

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Luhur Estu Sri,Dkk. *Jurnal Analisa Finansial Pengembangan Energi Laut Di Indonesia*. Balai Besar Penelitian Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan, 2013.
- [2]. Rivantoro, Fivid. Irfan Syarif Arief. 2015. *Studi pemilihan desain pembangkit listrik tenaga arus laut (pltal) menggunakan metode analytical hierarchy process (ahp)*, Surabaya
- [3]. Achirudhin .D, 2011. *Ocean energy*, Universitas darma Persada.
- [4]. LPPM-ITS. 2016. *Sistem Transmisi Mekanik Dan Elektrik*, Teknik Sistem Perkapalan ITS.
- [5]. Beben Rahmat,Ediar Usman dan Dida Kusnidar. *Potensi Arus Laut dan Konversi Daya Listrik Sebagai Energi Baru Terbarukan Di Perairan Palalawan Dan Indragiri Hilir, Provinsi Riau. Puslitbang Geologi Kelautan,Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral*, 2012
- [6]. LPPM-ITS. 2016. *Turbin*, Teknik Sistem Perkapalan ITS
- [7]. Astamar Zainul.1984. *Mekanika Teknik (Mechanics Of Material)*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- [8]. Putro Cahyo Indro Susesno. *Tugas Akhir Analisa Distribusi Tegangan Sistem Sambungan Pada Knock Down River Ferry*. Program studi Teknik Sistem Perkapalan ITS, 2017.
- [9]. Herwanzah, Fachrul. *Tugas Akhir Analisa Tegangan Dinamis Flexible Riser Akibat Gerakan Semi-Submersible Pada Kondisi Operas*. Program Studi Teknik Kelautan ITS,2015.
- [10]. Sufyan Mohammad Hadi Wijaya. *Tugas Akhir Analisa Tegangan Dinamis Flexible Riser Akibat Motion FPSO Saat Kondisi Fully Loaded dan Ballast Dengan Variasi Pankang*, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, 2017.
- [11]. Mahar Norman Sabana, *Tugas Akhir Analisa Tegangan Pada Yoke Arm External Turret Moring System Floating Production Storage And Affloading (FPSO)*, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, 2017.
- [12]. Faizien Zainul H. *Studi Drag Force Gelombang Air Laut Terhadap Fondasi Tiang Mini(Minipile) Di Kawasan Pantai Parangtritis. Jogjakarta*.
- [13]. ABS.(2001). *'Safehull-dynamic loading approach' for Floating production, storage and offloading (fpso) systems*
- [14]. Mott Robert L, 2004.*Machine Elements inMachanical Desig*.university of daylon.Dayton



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# LAMPIRAN

Page 20

Licensee - Bentley Select Licensee

Rev 07.10.01.11

```
*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*                                     September 28, 2017                       *
*                                     *                                     *
* ENERGI LAUT                                                                *
*                                     *                                     *
* Draft      = 1.3 Meters      Trim Angle   = 0.00 Deg.      GMT      = 2.8 Meters *
* Roll Gy. Radius = 2.1 Meters  Pitch Gy. Radius = 5.8 Meters  Yaw Gy. Radius = 5.8 Meters *
* Heading    = 0.00 Deg.      Forward Speed = 0.00 Knots    Linearization Based on 1/ 20 *
*                                     *                                     *
*****
```

## +++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body System  
Of Point On Body HULL At X = 10.0 Y = 0.0 Z = 1.0

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0.973	91	0.000	0	1.000	1	0.000	0	0.058	-88	0.000	0
0.2000	31.42	0.971	92	0.000	0	1.000	2	0.000	0	0.233	-87	0.000	0
0.3000	20.94	0.967	95	0.000	0	1.000	5	0.000	0	0.526	-84	0.000	0
0.4000	15.71	0.961	99	0.000	0	0.998	9	0.000	0	0.937	-80	0.000	0
0.5000	12.57	0.950	105	0.000	0	0.994	14	0.000	0	1.466	-75	0.000	0
0.6000	10.47	0.936	111	0.000	0	0.987	21	0.000	0	2.113	-68	0.000	0
0.7000	8.98	0.915	119	0.000	0	0.973	28	0.000	0	2.871	-61	0.000	0
0.8000	7.85	0.886	128	0.000	0	0.952	36	0.000	0	3.728	-53	0.000	0
0.9000	6.98	0.849	138	0.000	0	0.919	45	0.000	0	4.664	-44	0.000	0
1.0000	6.28	0.801	149	0.000	0	0.874	55	0.000	0	5.644	-34	0.000	0
1.1000	5.71	0.742	161	0.000	0	0.811	66	0.000	0	6.614	-24	0.000	0
1.2000	5.24	0.672	175	0.000	0	0.731	77	0.000	0	7.502	-13	0.000	0
1.3000	4.83	0.591	-169	0.000	0	0.630	90	0.001	46	8.211	-1	0.000	0
1.4000	4.49	0.500	-153	0.000	0	0.510	102	0.001	41	8.618	10	0.000	0
1.5000	4.19	0.402	-136	0.000	0	0.373	115	0.001	33	8.589	22	0.000	0
1.6000	3.93	0.300	-118	0.000	0	0.226	129	0.002	23	7.996	34	0.001	169
1.7000	3.70	0.199	-98	0.000	0	0.081	144	0.002	14	6.781	47	0.000	0
1.8000	3.49	0.104	-77	0.000	0	0.045	-35	0.004	6	5.031	60	0.000	0
1.9000	3.31	0.020	-52	0.000	0	0.129	-16	0.005	-4	3.028	75	0.000	0
2.0000	3.14	0.048	145	0.000	0	0.161	0	0.006	-23	1.169	96	0.000	0
2.0944	3.00	0.093	168	0.000	0	0.146	17	0.004	-37	0.230	-111	0.000	0
2.9778	2.11	0.042	-106	0.000	0	0.089	171	0.150	-167	0.690	5	0.004	-43
6.2832	1.00	0.000	0	0.000	0	0.003	142	0.000	0	0.040	49	0.000	0

```
*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*                                     September 28, 2017                         *
*                                     *                                     *
* ENERGI LAUT                                                                *
*                                     *                                     *
* Draft      = 1.3 Meters      Trim Angle = 0.00 Deg.      GMT      = 2.8 Meters *
* Roll Gy. Radius = 2.1 Meters  Pitch Gy. Radius = 5.8 Meters  Yaw Gy. Radius = 5.8 Meters *
* Heading     = 45.00 Deg.     Forward Speed = 0.00 Knots   Linearization Based on 1/ 20 *
*                                     *                                     *
*****
```

+++ M O T I O N   R E S P O N S E   O P E R A T O R S +++

Results are in Body System

Of Point On Body HULL At X = 10.0 Y = 0.0 Z = 1.0

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0.688	90	0.701	90	1.000	0	0.041	90	0.041	-89	0.023	-179
0.2000	31.42	0.687	92	0.700	92	1.000	2	0.164	92	0.165	-87	0.091	-177
0.3000	20.94	0.684	94	0.697	94	1.000	4	0.370	94	0.372	-85	0.204	-175
0.4000	15.71	0.680	97	0.693	97	0.999	7	0.659	97	0.663	-82	0.359	-172
0.5000	12.57	0.675	100	0.688	100	0.997	10	1.032	100	1.038	-79	0.555	-169
0.6000	10.47	0.667	105	0.680	105	0.994	15	1.489	105	1.499	-74	0.786	-164
0.7000	8.98	0.657	110	0.669	110	0.987	20	2.028	110	2.045	-69	1.047	-159
0.8000	7.85	0.643	117	0.656	116	0.977	26	2.646	116	2.674	-64	1.331	-153
0.9000	6.98	0.626	124	0.639	123	0.962	32	3.337	123	3.380	-57	1.627	-146
1.0000	6.28	0.605	132	0.618	131	0.940	40	4.094	131	4.153	-50	1.924	-138
1.1000	5.71	0.578	140	0.592	140	0.909	47	4.904	139	4.978	-43	2.209	-129
1.2000	5.24	0.547	150	0.562	149	0.869	56	5.753	148	5.827	-35	2.467	-119
1.3000	4.83	0.511	160	0.526	159	0.817	65	6.623	158	6.661	-27	2.686	-108
1.4000	4.49	0.469	172	0.486	169	0.751	74	7.496	169	7.419	-18	2.855	-96
1.5000	4.19	0.422	-175	0.440	-179	0.669	83	8.348	179	8.014	-10	2.963	-83
1.6000	3.93	0.370	-162	0.390	-168	0.569	93	9.153	-170	8.330	-2	3.004	-68
1.7000	3.70	0.315	-148	0.331	-158	0.452	102	9.775	-161	8.239	5	2.971	-53
1.8000	3.49	0.258	-134	0.264	-149	0.322	113	10.029	-156	7.653	14	2.863	-37
1.9000	3.31	0.200	-118	0.184	-144	0.193	126	9.411	-156	6.596	24	2.679	-19
2.0000	3.14	0.142	-102	0.093	-136	0.085	152	6.711	-163	5.232	35	2.422	-1
2.0944	3.00	0.091	-85	0.041	-97	0.037	-126	2.420	-162	3.879	50	2.120	16
2.9778	2.11	0.043	-79	0.013	-34	0.080	-92	0.345	-82	1.061	83	0.436	47
6.2832	1.00	0.000	0	0.001	-161	0.000	0	0.006	45	0.024	-86	0.011	-67

```
*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*                                     September 28, 2017                       *
*                                     *
* ENERGI LAUT
*
* Draft      = 1.3 Meters      Trim Angle   = 0.00 Deg.      GMT      = 2.8 Meters *
* Roll Gy. Radius = 2.1 Meters  Pitch Gy. Radius = 5.8 Meters  Yaw Gy. Radius = 5.8 Meters *
* Heading     = 90.00 Deg.      Forward Speed = 0.00 Knots   Linearization Based on 1/ 20 *
*
*****
```

+++ M O T I O N   R E S P O N S E   O P E R A T O R S +++

Results are in Body System

Of Point On Body HULL At X = 10.0 Y = 0.0 Z = 1.0

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0.000	0	0.992	90	1.000	0	0.058	90	0.000	0	0.000	0
0.2000	31.42	0.000	0	0.990	90	1.000	0	0.232	90	0.000	0	0.000	0
0.3000	20.94	0.000	0	0.986	90	1.000	0	0.523	90	0.000	0	0.000	0
0.4000	15.71	0.000	0	0.982	90	1.000	0	0.934	90	0.000	0	0.000	0
0.5000	12.57	0.000	0	0.975	90	1.000	0	1.465	90	0.000	0	0.000	0
0.6000	10.47	0.000	0	0.967	90	1.001	0	2.122	90	0.000	0	0.000	0
0.7000	8.98	0.000	0	0.958	90	1.001	0	2.910	90	0.000	0	0.000	0
0.8000	7.85	0.000	0	0.946	90	1.003	0	3.837	90	0.000	0	0.000	0
0.9000	6.98	0.000	0	0.933	90	1.005	0	4.914	89	0.000	0	0.000	0
1.0000	6.28	0.000	0	0.917	90	1.009	0	6.159	89	0.000	0	0.000	0
1.1000	5.71	0.000	0	0.900	90	1.014	0	7.599	89	0.000	0	0.000	0
1.2000	5.24	0.000	0	0.881	90	1.023	0	9.278	89	0.000	0	0.000	0
1.3000	4.83	0.000	0	0.860	89	1.033	0	11.243	87	0.000	0	0.000	0
1.4000	4.49	0.000	0	0.837	89	1.046	-2	13.587	85	0.000	0	0.000	0
1.5000	4.19	0.000	0	0.812	87	1.058	-4	16.429	82	0.000	0	0.000	0
1.6000	3.93	0.000	0	0.779	85	1.066	-7	19.887	78	0.000	0	0.000	0
1.7000	3.70	0.000	0	0.731	81	1.059	-11	23.942	70	0.000	0	0.000	0
1.8000	3.49	0.000	0	0.651	75	1.026	-16	28.144	59	0.000	0	0.000	0
1.9000	3.31	0.000	0	0.525	67	0.956	-23	31.366	45	0.000	0	0.000	0
2.0000	3.14	0.000	0	0.359	60	0.852	-28	32.324	29	0.000	0	0.000	0
2.0944	3.00	0.000	0	0.199	62	0.735	-33	30.603	13	0.000	0	0.000	0
2.9778	2.11	0.000	0	0.161	-164	0.147	-10	4.868	12	0.000	0	0.000	0
6.2832	1.00	0.000	0	0.012	31	0.002	174	0.098	-139	0.000	0	0.000	0

```
*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*                                     September 28, 2017                         *
*                                     *
*                                     ENERGI LAUT                                *
*                                     *
* Draft = 1.3 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 2.8 Meters *
* Roll Gy. Radius = 2.1 Meters Pitch Gy. Radius = 5.8 Meters Yaw Gy. Radius = 5.8 Meters *
* Heading = 135.00 Deg. Forward Speed = 0.00 Knots Linearization Based on 1/ 20 *
*
*****
```

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body System

Of Point On Body HULL At X = 10.0 Y = 0.0 Z = 1.0

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

ENCOUNTER		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0.688	-90	0.701	90	1.000	0	0.041	90	0.041	90	0.023	0
0.2000	31.42	0.687	-91	0.700	88	1.000	-1	0.164	88	0.165	88	0.091	-1
0.3000	20.94	0.684	-93	0.697	86	1.000	-3	0.370	86	0.372	86	0.204	-3
0.4000	15.71	0.680	-96	0.693	83	0.999	-6	0.659	83	0.663	83	0.359	-6
0.5000	12.57	0.675	-99	0.688	80	0.997	-9	1.032	80	1.038	80	0.555	-9
0.6000	10.47	0.667	-104	0.680	75	0.994	-14	1.489	75	1.499	75	0.786	-14
0.7000	8.98	0.657	-109	0.669	70	0.987	-20	2.028	70	2.045	69	1.047	-19
0.8000	7.85	0.643	-116	0.656	64	0.977	-26	2.646	63	2.674	63	1.331	-26
0.9000	6.98	0.626	-123	0.639	57	0.962	-34	3.337	56	3.380	55	1.627	-33
1.0000	6.28	0.605	-131	0.618	49	0.940	-42	4.094	48	4.153	46	1.924	-40
1.1000	5.71	0.578	-139	0.592	40	0.909	-51	4.904	39	4.978	36	2.209	-49
1.2000	5.24	0.547	-149	0.562	30	0.869	-62	5.753	30	5.828	25	2.467	-58
1.3000	4.83	0.511	-159	0.526	19	0.817	-74	6.623	19	6.662	13	2.686	-67
1.4000	4.49	0.469	-171	0.485	8	0.751	-87	7.485	6	7.421	0	2.855	-78
1.5000	4.19	0.422	176	0.439	-5	0.669	-101	8.316	-7	8.017	-16	2.963	-88
1.6000	3.93	0.370	164	0.388	-19	0.569	-118	9.088	-22	8.334	-33	3.004	-100
1.7000	3.70	0.315	150	0.330	-37	0.452	-135	9.713	-41	8.244	-52	2.971	-112
1.8000	3.49	0.258	135	0.264	-57	0.322	-154	10.029	-64	7.658	-73	2.863	-124
1.9000	3.31	0.200	120	0.184	-82	0.193	-171	9.434	-94	6.601	-93	2.679	-137
2.0000	3.14	0.142	104	0.095	-109	0.085	-177	7.050	-133	5.236	-114	2.422	-151
2.0944	3.00	0.091	88	0.041	-99	0.037	-128	2.442	-164	3.882	-132	2.120	-165
2.9778	2.11	0.043	80	0.013	-46	0.080	-104	0.345	-94	1.062	-108	0.436	-144
6.2832	1.00	0.000	0	0.001	178	0.000	0	0.006	25	0.024	74	0.011	93

```
*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*                                     September 28, 2017                         *
*                                     *
*      ENERGI LAUT
*
* Draft      = 1.3 Meters      Trim Angle      = 0.00 Deg.      GMT      = 2.8 Meters *
* Roll Gy. Radius = 2.1 Meters Pitch Gy. Radius = 5.8 Meters Yaw Gy. Radius = 5.8 Meters *
* Heading     = 180.00 Deg.    Forward Speed   = 0.00 Knots    Linearization Based on 1/ 20 *
*
*****
```

+++ M O T I O N R E S P O N S E O P E R A T O R S +++

=====

Results are in Body System

Of Point On Body HULL At X = 10.0 Y = 0.0 Z = 1.0

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-												
0.1000	62.83	0.973	-90	0.000	0	1.000	0	0.000	0	0.058	89	0.000	0
0.2000	31.42	0.971	-91	0.000	0	1.000	-1	0.000	0	0.233	88	0.000	0
0.3000	20.94	0.967	-94	0.000	0	1.000	-4	0.000	0	0.526	85	0.000	0
0.4000	15.71	0.961	-98	0.000	0	0.998	-8	0.000	0	0.937	81	0.000	0
0.5000	12.57	0.950	-104	0.000	0	0.994	-14	0.000	0	1.466	75	0.000	0
0.6000	10.47	0.936	-110	0.000	0	0.987	-20	0.000	0	2.113	68	0.000	0
0.7000	8.98	0.915	-118	0.000	0	0.973	-28	0.000	0	2.871	60	0.000	0
0.8000	7.85	0.886	-127	0.000	0	0.952	-38	0.000	0	3.729	51	0.000	0
0.9000	6.98	0.849	-137	0.000	0	0.919	-48	0.000	0	4.665	40	0.000	0
1.0000	6.28	0.801	-148	0.000	0	0.874	-61	0.000	0	5.644	28	0.000	0
1.1000	5.71	0.742	-160	0.000	0	0.811	-74	0.000	0	6.615	14	0.000	0
1.2000	5.24	0.672	-174	0.000	0	0.731	-90	0.000	0	7.504	-1	0.000	0
1.3000	4.83	0.591	170	0.000	0	0.630	-107	0.001	-151	8.213	-18	0.000	0
1.4000	4.49	0.500	155	0.000	0	0.510	-126	0.001	172	8.621	-38	0.000	0
1.5000	4.19	0.402	138	0.000	0	0.373	-146	0.001	130	8.593	-60	0.000	0
1.6000	3.93	0.300	119	0.000	0	0.226	-169	0.002	84	8.000	-84	0.001	50
1.7000	3.70	0.199	100	0.000	0	0.081	167	0.002	36	6.785	-110	0.000	0
1.8000	3.49	0.104	80	0.000	0	0.045	-53	0.004	-12	5.034	-137	0.000	0
1.9000	3.31	0.020	59	0.000	0	0.129	-77	0.005	-66	3.029	-165	0.000	0
2.0000	3.14	0.048	-145	0.000	0	0.161	-107	0.006	-131	1.167	169	0.000	0
2.0944	3.00	0.093	-167	0.000	0	0.146	-134	0.004	170	0.232	-83	0.000	0
2.9778	2.11	0.042	108	0.000	0	0.089	-144	0.150	-122	0.693	-129	0.004	-179
6.2832	1.00	0.000	0	0.000	0	0.003	-146	0.000	0	0.040	-60	0.000	0

```
*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               September 28, 2017                               *
*                               *                               *
*                               *                               *
*                               *                               *
*****
```

+++ M E A N   D R I F T   F O R C E S   F O R   H U L L +++  
=====

Drift Name = HULL      Heading = 0.00      Computed

Force Factor = 1.0000      Radiation Factor = 1.0000      Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

E N C O U N T E R		T R A N S L A T I O N			R O T A T I O N		
-----		/-----/			/-----/		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	-0.0	0.0	7.8	-0.0	-77.7	0.0
0.2000	31.416	-0.1	0.0	5.6	-0.0	-56.3	0.0
0.3000	20.944	-0.3	0.0	2.3	-0.0	-23.1	0.0
0.4000	15.708	-0.8	0.0	-2.1	-0.0	20.8	0.0
0.5000	12.566	-1.8	0.0	-7.4	-0.0	73.8	0.0
0.6000	10.472	-3.2	0.0	-13.6	-0.0	134.8	0.1
0.7000	8.976	-5.3	0.0	-20.3	-0.0	202.0	0.1
0.8000	7.854	-8.1	0.0	-27.6	-0.0	273.9	0.1
0.9000	6.981	-11.5	0.0	-35.1	-0.0	348.8	0.1
1.0000	6.283	-15.5	0.0	-42.9	-0.0	425.0	0.2
1.1000	5.712	-19.9	0.0	-50.6	-0.0	500.9	0.2
1.2000	5.236	-24.6	0.0	-58.1	-0.0	574.8	0.2
1.3000	4.833	-29.4	0.0	-65.3	-0.0	645.3	0.3
1.4000	4.488	-34.2	0.0	-72.0	-0.0	711.2	0.3
1.5000	4.189	-38.8	0.0	-78.2	-0.0	771.3	0.3
1.6000	3.927	-43.0	0.0	-83.7	-0.0	824.8	0.3
1.7000	3.696	-46.6	0.0	-88.5	-0.0	871.0	0.3
1.8000	3.491	-49.7	0.0	-92.5	-0.0	909.4	0.3
1.9000	3.307	-52.0	0.0	-95.7	-0.1	939.9	0.4
2.0000	3.142	-53.6	0.0	-98.1	-0.1	962.3	0.4
2.0944	3.000	-54.5	0.0	-99.6	-0.1	976.3	0.4
2.9778	2.110	-33.7	-4.2	-76.7	5.6	750.3	-40.9
6.2832	1.000	-8.8	0.0	-16.6	-0.0	156.1	0.1

```
*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               September 28, 2017                               *
*                               *                               *
*                               *                               *
*                               *                               *
*****
```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR HULL +++  
=====

Drift Name = HULL      Heading = 45.00      Computed

Force Factor = 1.0000      Radiation Factor = 1.0000      Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	-0.0	-0.0	7.8	0.0	-77.7	-0.3
0.2000	31.416	-0.0	-0.1	5.6	0.1	-56.3	-1.5
0.3000	20.944	-0.1	-0.3	2.3	0.4	-23.0	-5.0
0.4000	15.708	-0.4	-0.9	-2.1	1.2	20.9	-12.6
0.5000	12.566	-0.9	-2.1	-7.4	2.8	74.0	-26.6
0.6000	10.472	-1.7	-4.1	-13.5	5.6	134.9	-49.7
0.7000	8.976	-2.8	-7.4	-20.3	10.0	201.9	-84.8
0.8000	7.854	-4.4	-12.1	-27.4	16.3	273.4	-134.8
0.9000	6.981	-6.3	-18.5	-34.9	25.0	347.5	-202.0
1.0000	6.283	-8.7	-26.7	-42.5	36.1	422.5	-287.4
1.1000	5.712	-11.5	-36.7	-50.0	49.5	496.9	-389.9
1.2000	5.236	-14.6	-48.0	-57.3	64.8	569.0	-506.0
1.3000	4.833	-17.9	-60.1	-64.3	81.2	637.6	-630.5
1.4000	4.488	-21.4	-72.5	-70.9	98.0	701.7	-757.5
1.5000	4.189	-24.9	-84.6	-76.9	114.4	760.2	-881.5
1.6000	3.927	-28.3	-95.9	-82.3	129.8	812.6	-998.7
1.7000	3.696	-31.5	-106.4	-87.0	144.0	858.2	-1106.7
1.8000	3.491	-34.4	-115.9	-91.1	156.9	896.4	-1204.3
1.9000	3.307	-36.9	-124.2	-94.3	168.2	927.2	-1290.8
2.0000	3.142	-39.0	-131.5	-96.8	178.1	950.4	-1366.1
2.0944	3.000	-40.6	-137.3	-98.5	186.1	965.5	-1426.7
2.9778	2.110	-23.5	-46.2	-88.3	65.2	867.4	-585.0
6.2832	1.000	-19.0	-122.4	-15.7	166.9	136.5	-1304.6



```
*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               September 28, 2017                               *
*                               *                               *
*                               *                               *
*                               *                               *
*****
```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR HULL +++

=====

Drift Name = HULL      Heading = 90.00      Computed

Force Factor = 1.0000      Radiation Factor = 1.0000      Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

ENCOUNTER		Reported in the Body System					
		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	-0.0	-0.0	7.8	0.0	-77.7	-0.1
0.2000	31.416	-0.0	-0.1	5.6	0.1	-56.3	-0.9
0.3000	20.944	-0.0	-0.4	2.3	0.6	-23.0	-4.2
0.4000	15.708	-0.0	-1.3	-2.1	1.7	20.9	-12.8
0.5000	12.566	-0.0	-3.0	-7.4	4.0	74.1	-29.9
0.6000	10.472	-0.0	-6.0	-13.5	8.1	135.0	-59.7
0.7000	8.976	0.0	-10.7	-20.2	14.4	201.9	-106.6
0.8000	7.854	-0.0	-17.5	-27.3	23.6	273.1	-174.9
0.9000	6.981	-0.0	-26.8	-34.7	36.2	346.8	-268.1
1.0000	6.283	-0.0	-38.7	-42.1	52.3	421.2	-386.9
1.1000	5.712	0.0	-52.9	-49.5	71.4	494.8	-528.5
1.2000	5.236	-0.0	-68.6	-56.6	92.8	566.3	-686.3
1.3000	4.833	0.0	-85.1	-63.5	115.0	634.6	-850.6
1.4000	4.488	-0.0	-101.1	-69.9	136.7	698.9	-1011.1
1.5000	4.189	-0.0	-115.9	-75.8	156.8	758.5	-1159.4
1.6000	3.927	-0.0	-129.0	-81.2	174.6	812.4	-1290.3
1.7000	3.696	-0.0	-140.2	-86.0	189.8	860.1	-1401.9
1.8000	3.491	-0.0	-149.5	-90.1	202.4	901.0	-1494.7
1.9000	3.307	-0.0	-157.1	-93.4	212.8	934.4	-1570.7
2.0000	3.142	-0.0	-163.3	-96.0	221.3	960.1	-1632.5
2.0944	3.000	-0.0	-168.0	-97.7	227.8	977.3	-1680.2
2.9778	2.110	-0.0	-161.3	-86.2	219.6	861.7	-1612.5
6.2832	1.000	-0.0	-179.2	-11.4	243.9	113.6	-1791.8



```
*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*          ENERGI LAUT                                                         *
*                                                                              *
*****
```

September 28, 2017

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR HULL +++

Drift Name = HULL      Heading = 135.00      Computed

Force Factor = 1.0000      Radiation Factor = 1.0000      Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	0.0	-0.0	7.8	0.0	-77.7	0.2
0.2000	31.416	0.0	-0.1	5.6	0.1	-56.3	0.3
0.3000	20.944	0.1	-0.3	2.3	0.4	-23.0	-0.9
0.4000	15.708	0.4	-0.9	-2.1	1.2	21.0	-5.2
0.5000	12.566	0.9	-2.1	-7.4	2.8	74.4	-15.1
0.6000	10.472	1.7	-4.1	-13.5	5.6	135.6	-33.3
0.7000	8.976	2.8	-7.4	-20.3	10.0	203.2	-62.8
0.8000	7.854	4.4	-12.1	-27.4	16.3	275.5	-106.9
0.9000	6.981	6.3	-18.5	-34.9	25.0	350.8	-168.0
1.0000	6.283	8.7	-26.7	-42.5	36.1	427.3	-247.2
1.1000	5.712	11.5	-36.7	-50.0	49.5	503.4	-343.4
1.2000	5.236	14.6	-48.0	-57.3	64.8	577.7	-453.3
1.3000	4.833	17.9	-60.1	-64.3	81.2	649.0	-571.5
1.4000	4.488	21.4	-72.5	-70.9	98.0	716.0	-692.1
1.5000	4.189	24.9	-84.6	-76.9	114.4	777.8	-809.6
1.6000	3.927	28.3	-95.9	-82.3	129.8	833.7	-920.2
1.7000	3.696	31.5	-106.4	-87.0	144.0	882.8	-1021.7
1.8000	3.491	34.4	-115.9	-91.1	156.9	924.7	-1112.9
1.9000	3.307	36.9	-124.2	-94.3	168.2	959.0	-1193.5
2.0000	3.142	39.0	-131.5	-96.8	178.1	985.7	-1263.2
2.0944	3.000	40.6	-137.3	-98.5	186.1	1003.9	-1319.2
2.9778	2.110	23.5	-46.2	-88.3	65.2	899.1	-338.7
6.2832	1.000	18.9	-122.4	-15.7	166.9	176.5	-1142.6

```
*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*          ENERGI LAUT                                                         *
*                                                                              *
*****
```

September 28, 2017

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR HULL +++

-----

Drift Name = HULL      Heading = 180.00      Computed

Force Factor = 1.0000      Radiation Factor = 1.0000      Coriolis Factor = 1.00

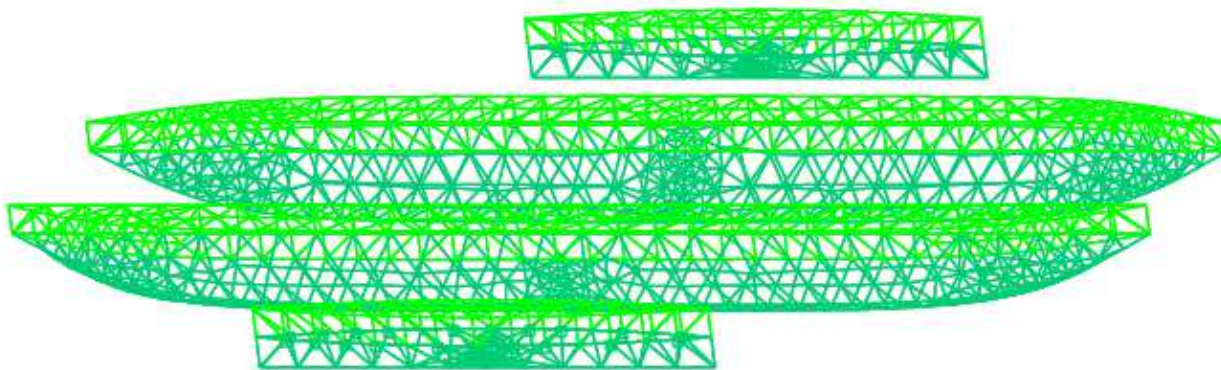
Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and      KN Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

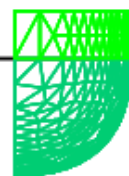
Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
-----		/-----/			/-----/		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	0.0	0.0	7.8	-0.0	-77.7	0.0
0.2000	31.416	0.0	0.0	5.6	-0.0	-56.3	0.0
0.3000	20.944	0.2	0.0	2.3	-0.0	-23.0	0.0
0.4000	15.708	0.7	0.0	-2.1	-0.0	21.1	0.0
0.5000	12.566	1.7	0.0	-7.4	-0.0	74.6	0.0
0.6000	10.472	3.2	0.0	-13.6	-0.0	136.2	0.1
0.7000	8.976	5.3	0.0	-20.3	-0.0	204.4	0.1
0.8000	7.854	8.1	0.0	-27.6	-0.0	277.6	0.1
0.9000	6.981	11.5	0.0	-35.1	-0.0	354.2	0.1
1.0000	6.283	15.5	0.0	-42.9	-0.0	432.4	0.2
1.1000	5.712	19.9	0.0	-50.6	-0.0	510.6	0.2
1.2000	5.236	24.6	0.0	-58.1	-0.0	587.2	0.2
1.3000	4.833	29.4	0.0	-65.3	-0.0	660.6	0.3
1.4000	4.488	34.2	0.0	-72.0	-0.0	729.6	0.3
1.5000	4.189	38.8	0.0	-78.2	-0.0	793.0	0.3
1.6000	3.927	43.0	0.0	-83.7	-0.0	849.8	0.3
1.7000	3.696	46.6	0.0	-88.5	-0.0	899.2	0.3
1.8000	3.491	49.7	0.0	-92.5	-0.0	940.8	0.4
1.9000	3.307	52.0	0.0	-95.7	-0.1	974.3	0.4
2.0000	3.142	53.6	0.0	-98.1	-0.1	999.5	0.4
2.0944	3.000	54.5	0.0	-99.6	-0.1	1015.9	0.5
2.9778	2.110	33.7	-4.2	-76.7	5.6	783.2	-43.2
6.2832	1.000	8.7	0.0	-16.6	-0.0	174.8	0.2

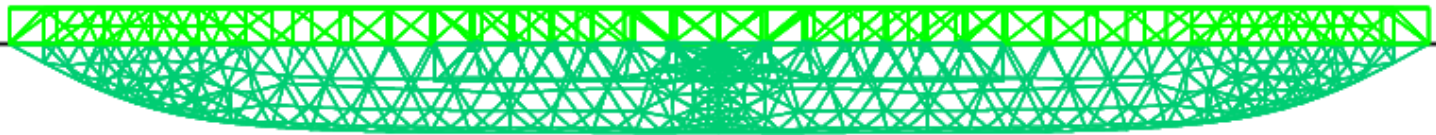
ENERGI LAUT



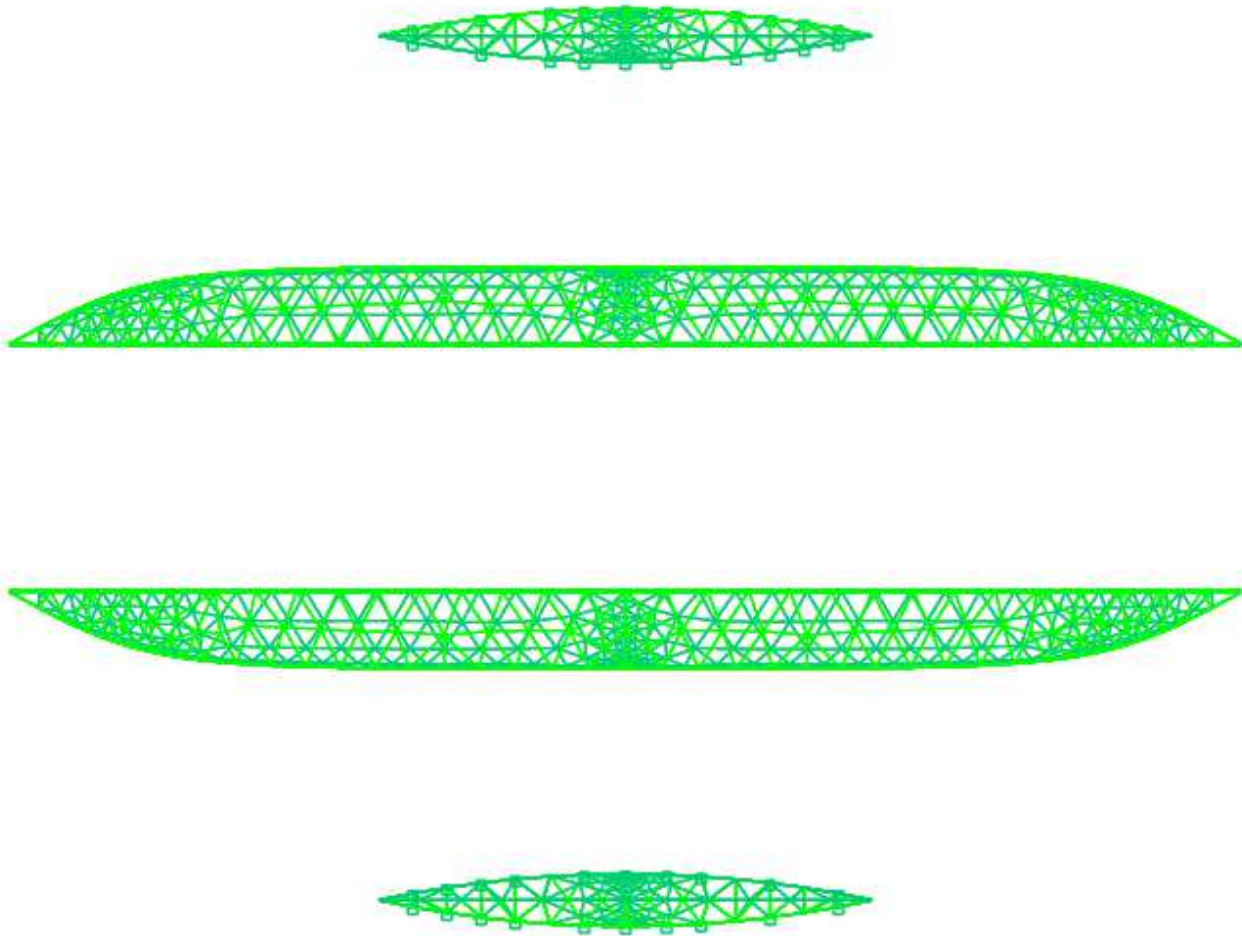
ENERGI LAUT



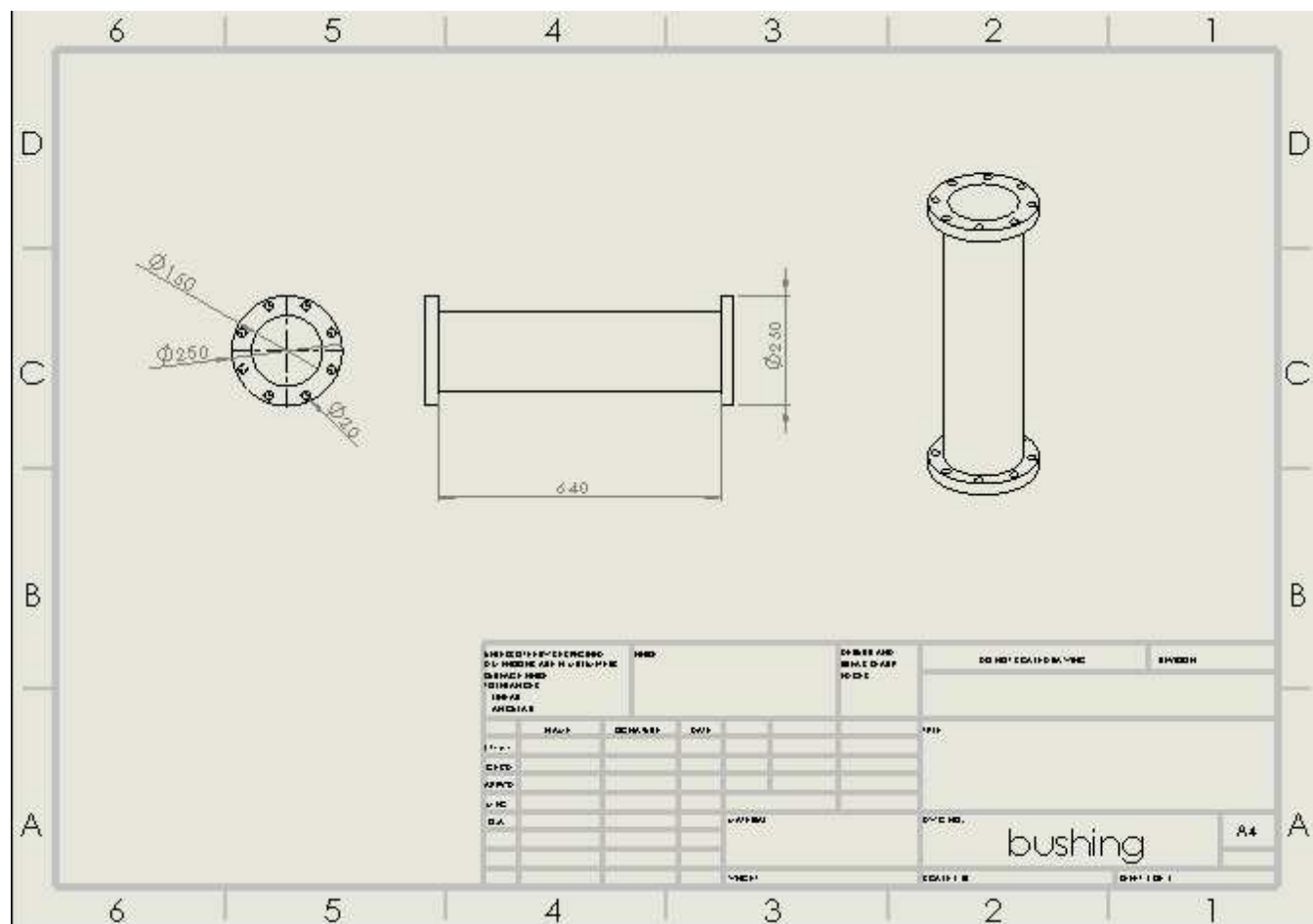
ENERGI LAUT



ENERGI LAUT



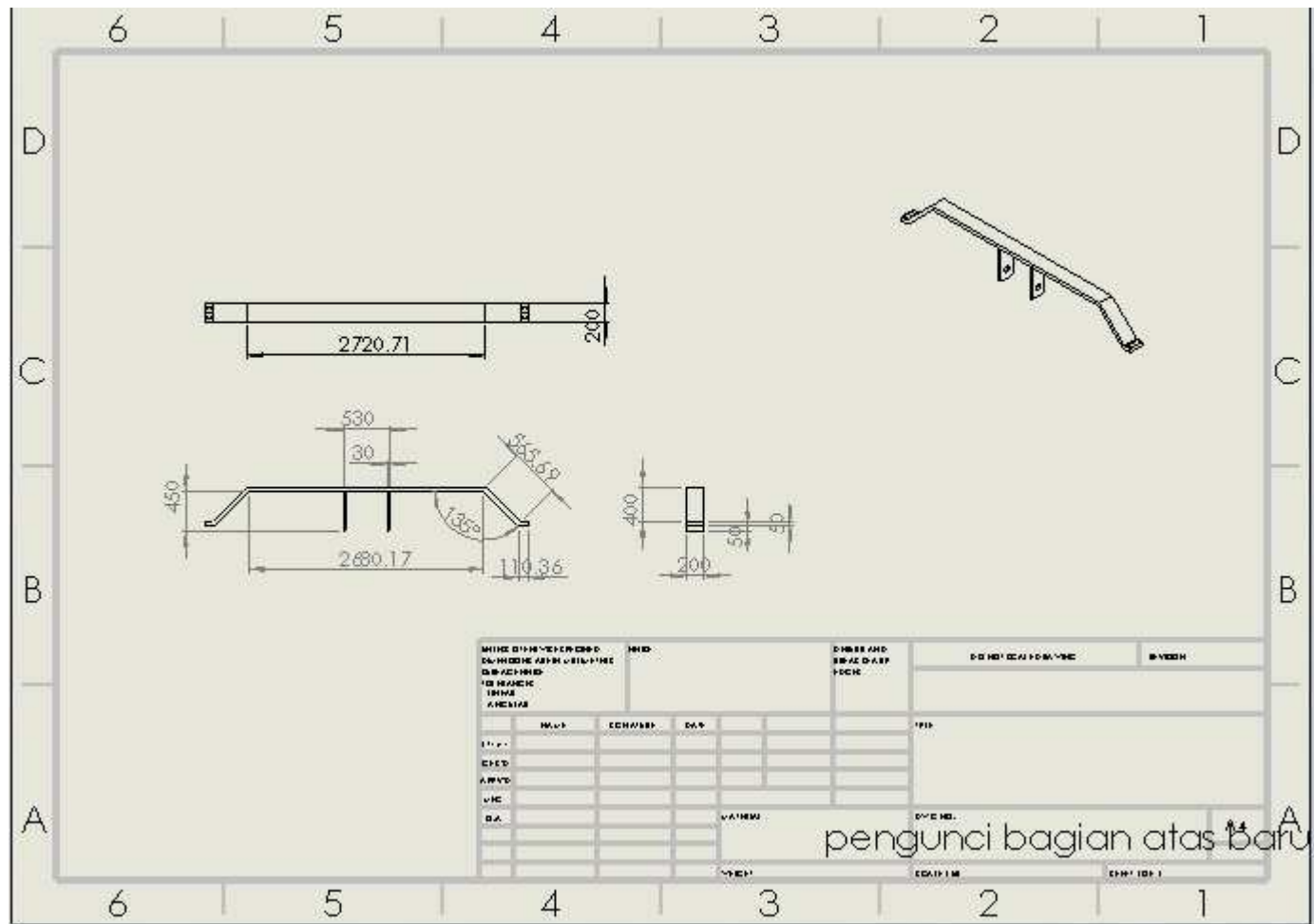












## BIODATA PENULIS



Penulis, **Zaqa Usail**, lahir di Dusun Tapon Timur pada tanggal 31 Maret 1995. Merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis, memulai pendidikan formal yaitu di MI Hadil Ishlah Bilebante, kemudian melanjutkan di MTS Hadil Ishlah Bilebante dan melanjutkan jenjang Sekolah Menengah Atas di MAN 1 Mataram, penulis diterima di Program Studi Diploma III Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal dengan NRP. 6112030025. Setelah lulus dari Diploma III penulis memilih untuk melanjutkan kuliah di tahap Strata 1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang terdaftar sebagai mahasiswa Lintas Jalur Angkatan 2015 Semester Ganjil dengan NRP. 4215106013.

Zaqa Usail  
[zaqausail01@gmail.com](mailto:zaqausail01@gmail.com)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*